

**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL COLEGIO PARROQUIAL  
SANTIAGO APÓSTOL**

**JUAN CARLOS ALFARO BERMÚDEZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA  
PROGRAMA INGENIERÍA ELÉCTRICA  
SANTIAGO DE CALI  
2006**

**DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL COLEGIO PARROQUIAL  
SANTIAGO APÓSTOL**

**JUAN CARLOS ALFARO BERMÚDEZ**

**Pasantía para optar el título Ingeniero Electricista**

**Directora  
ROSAURA CASTRILLON  
Ingeniera electricista**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE ENERGÉTICA Y MECÁNICA  
PROGRAMA INGENIERÍA ELÉCTRICA  
SANTIAGO DE CALI  
2006**

**Nota de aceptación:**

**Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero electricista.**

Ing. ROSAURA CASTRILLON

---

Director

Santiago de Cali, 11 de Septiembre 2006

## **AGRADECIMIENTO.**

En primer lugar doy gracias a Dios por darme la vida y sabiduría para concebir este trabajo, en segundo lugar le doy gracias a mis padres, novia por apoyarme y motivarme siempre, también agradezco de manera muy particular a mis asesores Carlos Mauricio Yusty y la ingeniera Rosaura Castrillon, quienes me guiaron de manera acertada con sus consejos, paciencia y conocimiento en el desarrollo de esta pasantía y finalmente quiero agradecer a todas las personas que estuvieron involucradas en este proceso.

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>13</b>
<b>1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>15</b>
1.1 DESCRIPCIÓN	15
1.2 FORMULACIÓN	15
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>17</b>
<b>4. HIPÓTESIS</b>	<b>18</b>
<b>5. MARCO CONTEXTUAL</b>	<b>19</b>
5.1 RESEÑA HISTÓRICA	19
5.2 UBICACIÓN	19
<b>6. DESCRICIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL COLEGIO SANTIAGO APÓSTOL</b>	<b>21</b>
6.1 INSTALACIONES FISICAS DEL COLEGIO	21
6.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS	24
6.2.1 Acometidas	24
6.2.2 Tableros	25
6.2.3 Circuitos ramales	30
6.2.4 Estado de las instalaciones eléctricas del colegio santiago apóstol	31
<b>7. ANÁLISIS DE COSTOS Y CONSUMOS ENERGÉTICOS</b>	<b>33</b>
7.1 COSTOS Y CONSUMOS HISTORICOS	33
7.2 COSTO Y CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL	34
7.2.1 Balance energético actual	34
7.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS CONSUMIDORES	38

7.3.1 Sistema de climatización y cagas asociadas a tomas	38
7.3.2 Sistema de iluminación	40
7.3.3 Análisis de consumo energético por equipos conectados al sistema	42
8. MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO PARA EL COLEGIO SANTIAGO APÓSTOL	44
8.1 MEDIDAS DE AHORRO A CORTO PLAZO	44
8.2 MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO A MEDIANO PLAZO	47
8.3 MEDIDAS A LARGO PLAZO	47
9. PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO A MEDIANO PLAZO	49
9.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN A INSTALAR	49
9.2 CANTIDAD Y CALIDAD DEL SISTEMA ILUMINACIÓN A INSTALAR	50
9.2.1 Cálculo de la cantidad de luminarias por salón	50
9.3 CONSUMO DE ENERGÍA ACTUAL Y AHORRO PROYECTADO	54
9.4 COSTOS OPERATIVOS Y AHORRO PROYECTADO	57
9.4.1 Estimación de ahorro e inversión requerida	57
9.4.2 Costos operativos del sistema de iluminación actual	58
9.4.3 Estimación de costos operativos del sistema propuesto	62
9.5 BENEFICIOS ECONÓMICOS Y ENERGÉTICOS OBTENIDOS	67
9.5.1 Cálculo de ahorro económico del sistema propuesto	67
10. RECOMENDACIONES PARA IMPLEMENTAR UN PLAN DE GESTIÓN ENERGÉTICA	69
11. CONCLUSIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	74

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. División por áreas del colegio Santiago Apóstol	21
Tabla 2. Cuadro ubicación de tableros y circuitos ramales	30
Tabla 3. Descripción del estado de las instalaciones eléctricas del colegio	31
Tabla 4. Análisis tarifaria de consumo energético del año 2005	34
Tabla 5. Consumo energético del mes de mayo	35
Tabla 6. Consumo energético de climatización y tomas mensual	39
Tabla 7. Potencia y amperaje de los equipos conectados en el sistema	39
Tabla 8. Consumo energético mensual, acometida aérea	40
Tabla 9. Consumo energético mensual, acometida subterránea	41
Tabla 10. Anomalías encontradas en el sistema eléctrico	45
Tabla 11. Cálculo de luminarias	52
Tabla 12. Inventario de luminarias del colegio Santiago Apóstol	54
Tabla 13. Inventario de luminarias propuesto	55
Tabla 14. Inversión requerida	57
Tabla 15. Costos operativos del sistema actual, zona 1	58
Tabla 16. Costos operativos del sistema actual, zona 2	58
Tabla 17. Costos operativos del sistema actual, zona 3	59
Tabla 18. Costos operativos del sistema actual, zona 4	59
Tabla 19. Costos operativos del sistema actual, zona 5	60
Tabla 20. Costos operativos del sistema actual, zona 6	60
Tabla 21. Costos operativos del sistema actual, zona 7	61
Tabla 22. Costos operativos del sistema propuesto, zona 1	62
Tabla 23. Costos operativos del sistema propuesto, zona 2	62
Tabla 24. Costos operativos del sistema propuesto, zona 3	63
Tabla 25. Costos operativos del sistema propuesto, zona 4	63
Tabla 26. Costos operativos del sistema propuesto, zona 5	64
Tabla 27. Costos operativos del sistema propuesto, zona 6	64
Tabla 28. Costos operativos del sistema propuesto, zona 7	65
Tabla 29. Análisis comparativo de costos operativos de los sistemas	66
Tabla 30. Cálculo de ahorro económico	67

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del colegio Santiago Apóstol	20
Figura 2. Diagrama de emplazamiento del colegio Santiago Apóstol.	22
Figura 3. Plano arquitectónico del colegio santiago apóstol	23
Figura 4. Acometida aérea del colegio santiago apóstol	24
Figura 5. Acometida subterránea parte exterior	25
Figura 6. Tablero 3. Sala de profesores y Tablero 4. Sala de sistemas	26
Figura 7. Tablero principal 1. Coordinación de bachillerato	26
Figura 8. Tablero principal 2. Parte externa del teatro	27
Figura 9. Tablero 10. Talleres de electricidad	27
Figura 10. Diagrama unifilar de la acometida aérea	28
Figura 11. Diagrama unifilar de la acometida subterránea	29
Figura 12. Estado de la caja del contador	32
Figura 13. Estado de la acometida aérea	32
Figura 14. Gráfica de la demanda energética mensual	36
Figura 15. Gráfica de la demanda energética mensual por sistemas	36
Figura 16. Diagrama de pareto consumo por sistemas consumidores	37
Figura 17. Comparación de costos por consumo energético anual	38
Figura 18. Gráfica de la demanda energética por tipo de equipos	42
Figura 19. Diagrama de pareto consumo energético por equipos	43
Figura 20. Lámpara propuesta referencia CCC-FE 2X2X32W-E1	53
Figura 21. Lámparas fluorescentes compactas y balasto electrónico	53
Figura 22. Porcentaje de consumo del sistema actual	55
Figura 23. Porcentaje de consumo en kwh/m del sistema propuesto	56
Figura 24. Comparación del sistema actual y el propuesto	56
Figura 24. Costos operativos por zonas del sistema actual de iluminación	61
Figura 25. Costos operativos del sistema de iluminación propuesto	65
Figura 26. Comparación de costos anuales de los sistemas	66
Figura 27. Ahorro económico del sistema de iluminación propuesto	67
Figura 28. Ahorro energético del sistema de iluminación propuesto	68



## **LISTA DE ANEXOS**

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1.Sistemas de iluminación eficiente</b>	<b>76</b>
<b>Anexo 2. Concepto CREG 981474 de 1998</b>	<b>79</b>

## GLOSARIO

**ACOMETIDAS:** derivaciones de la red local del servicio publico domiciliarios de energía eléctrica, que llega hasta el registro de corte de inmueble.

**ACOMETIDA AÉREA:** los conductores aéreos de acometida que van desde el ultimo poste o soporte aéreo, incluidos los conectores de derivación, si las hay, hasta los conductores de entrada de acometida de la edificación.

**ACOMETIDA SUBTERRÁNEA:** conductores subterráneos de la acometida desde la red de la calle, incluidos los tramos desde unos postes o cualquier otra estructura o desde los transformadores, hasta el primer punto de conexión con los conductores de entrada de la acometida en el tablero general, o tableros de los medidores.

**ALIMENTADOR:** todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado independiente y otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobre corriente del circuito ramal final.

**BALASTO:** dispositivo electromagnético y/o electrónico que controla las características eléctricas de encendido y operación de las lámparas de descarga necesarias para su correcto funcionamiento. Suministra el voltaje, regula la corriente y proporciona el calentamiento continuo a los electrodos

**CIRCUITO RAMAL DE USO GENERAL:** Circuito ramal que alimenta diversas salidas para alumbrado y artefacto

**CONDUCTOR DE PUESTAS A TIERRA (GROUNDING CONDUCTOR):** conductor utilizado para conectar los equipos o el circuito puesto a tierra de una instalación, al electrodo o electrodos de tierra de instalación

**CONDUCTOR PUESTA A TIERRA (NEUTRO):** conductor de una instalación o circuito conectado intencionalmente a tierra .generalmente es el neutro de un sistema monobásico o de un sistema trifásico en estrella.

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO:** es una herramienta técnica utilizada en la evaluación del uso eficiente de la energía eléctrica y proporciona los argumentos para implementar un plan de ahorro energético en una empresa.

**ECOAUDITORÍA:** es un instrumento que sirve para evaluar la gestión medio ambiental de los centros educativos en Europa, tratando de reducir el impacto ambiental.

**FACTOR DE DEMANDA:** relación entre la demanda máxima de una instalación o parte de una instalación y la carga total conectada a una instalación o parte de la instalación considerada.

**FACTOR DE POTENCIA:** relación entre potencia activa (Kw.) y la potencia aparente (Kva.) del mismo sistema electrónico o parte de el.

**INTERRUPTOR AUTOMÁTICO (BREAKER):** dispositivo diseñado para que abra y cierre un circuito de manera no automática y para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobre corriente predeterminada sin daños para el mismo cuando se aplique adecuadamente dentro de sus valores nominales

**INTERRUPTOR DE CIRCUITOS CONTRA FALLAS A TIERRA:** dispositivo diseñado para la protección de las personas , que funciona cortando el paso de corriente por un circuito o parte de el mismo dentro de determinado lapso , cuando la corriente a tierra supera un valor predeterminado , menor que el necesario para que funcione el dispositivo protector contra sobre corrientes del circuito de suministro.

**LÁMPARA DE INCANDESCENTE:** artefacto eléctrico que produce luz gracias a un elemento metálico (filamento) calentado hasta generarla por el paso de la corriente eléctrica.

**LÁMPARA DE FLUORESCENTE:** artefacto eléctrico que produce luz gracias a una descarga eléctrica a través de una mezcla de diversos gases, realizado dentro de un tubo de atmósfera controlada, recubierto de un material fluorescente.

**LUMINANCIA:** cantidad de luz reflejada por una superficie en todas las direcciones, se mide en candela por metro cuadrado.

**PUESTO A TIERRA:** conectado a tierra o a cualquier conductor que pueda actuar como tierra

**SALIDA:** punto de una instalación del que se toma corriente para suministrar a un equipo de utilización.

## **RESUMEN**

Es de gran importancia para cualquier empresa establecer mecanismos de control y ahorro energético, ya que el costo por consumos energéticos, ocupa un lugar significativo para la relación costo – beneficio, por tal razón se hace necesario diseñar e implementar un programa de ahorro energético que involucre todas las estancias de la empresa para su éxito.

Dentro de un programa de ahorro energético, el diagnóstico o auditoría energética, constituye una etapa básica, de máxima importancia para las actividades de organización, seguimiento y evaluación. El diagnóstico energético realizado al colegio Santiago Apóstol, de primer nivel, ofrece una visión detallada de los patrones de utilización y costos de energía; mediante la recolección y análisis de datos, pertinentes a los principales sistemas consumidores de energía.

El objetivo del diagnóstico propuesto, es formular un conjunto de recomendaciones técnicas y administrativas, que conlleven a implementar un plan de ahorro energético, mejorando la eficiencia del sistema eléctrico y por consiguiente disminuyendo el consumo energético del mismo. Para el éxito de este plan de ahorro energético es necesario que toda la comunidad educativa participe mancomunadamente, para ello se proponen varias estrategias de trabajo, como la creación de un grupo de eficiencia energética, conformado por estudiantes de grados 10 y 11, los cuales se encargaran de planear y realizar jornadas de sensibilización respecto al buen uso de la energía, además de adecuar el sistema eléctrico para mejorar su eficiencia y evaluar las medidas de ahorro energético planteadas por el plan de ahorro. Con el fin de dar un marco legal y educativo al plan de ahorro energético, se pretende que este, funcione como parte del proyecto de medio ambiente existente en el colegio, el cual en la actualidad solo maneja la problemática de residuos sólidos, para tal efecto es necesario reestructurar los objetivos del proyecto y orientarlos hacia el trabajo de tres ejes principalmente, el uso del agua, la energía eléctrica y el manejo de residuos sólidos.

## INTRODUCCIÓN

La Fundación Alberto Uribe Urdaneta, es una de las grandes empresas del sector educativo, conformada por cinco colegios técnicos principalmente, pertenecientes a la arquidiócesis de Cali. Para la fundación es de gran interés establecer medidas que le permitan reducir costos relacionados con el consumo de energía eléctrica en sus colegios, ya que este, representa un valor significativo en la relación costo – beneficio de los mismos, además busca, como ente educativo, promover una cultura ambiental en la comunidad educativa, haciendo uso adecuado de la energía eléctrica y el agua.

Uno de los colegios que conforman la Fundación Alberto Uribe Urdaneta, es el colegio santiago apóstol, donde se han presentado cambios significativos de su infraestructura en los últimos años y en el cual se tiene proyectado realizar una ampliación más adelante. Esta situación trae consigo, el crecimiento de la carga eléctrica instalada y en consecuencia, el aumento del costo por consumo energético, por lo que se prevé que este rubro, influya de manera significativa en la estructura de costos de la fundación.

Como se pretende disminuir los costos relacionados al consumo energético del sistema eléctrico actual y se tiene proyectado realizar una ampliación del mismo, es necesario realizar un diagnóstico, que permita evaluar la situación energética actual; determinando las anomalías presentadas por el sistema, el consumo energético real y los focos de desperdicio de energía eléctrica, para formular medidas a corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta la normatividad eléctrica vigente (RETIE). Este tipo de diagnóstico es de nivel 1, puesto que busca formular medidas de ahorro cuya aplicación puede ser inmediata y de una inversión recuperable a corto plazo.

La metodología que se va emplear, consiste básicamente en realizar una descripción de las instalaciones del colegio, a partir de una inspección visual del estado del mismo, hacer el análisis de consumos energéticos, para determinar la cantidad de energía desperdiciada y su foco principal; a partir de este, se formulan un conjunto de recomendaciones, que proporcionan, el punto de partida para implementar un plan de gestión energética en el colegio, el cual garantice no solo la disminución de consumo de energía eléctrica, si no también, la concientización de toda la comunidad educativa, en la necesidad, de tener una cultura ambiental adecuada.

Desde la ingeniería eléctrica, el diagnóstico energético realizado en el colegio santiago apóstol, es de gran importancia, debido al papel que juega el mejoramiento de la eficiencia energética del sistema eléctrico, disminuyendo los costos por consumo de energía eléctrica y que finalmente se ve reflejado en un ahorro económico significativo, para la fundación.

A nivel investigativo, el estudio y desarrollo de programas de eficiencia energética ocupa uno de los primeros puestos a nivel mundial, debido al interés de generar nuevas tecnologías, que permitan a los países tener un desarrollo económico sostenible, razón por la cual se debe fomentar este tipo de estudios en las empresas.

## **1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 DESCRIPCIÓN**

La Fundación Alberto Uribe Urdaneta pertenece a la Arquidiócesis de Cali, esta compuesta por los colegios San Pedro Claver, San Juan Bautista, San Joaquín, Juan Pablo II y Santiago Apóstol. Para la fundación es de gran importancia tener en sus colegios una infraestructura física adecuada, que les permita ofrecer con calidad todos los servicios educativos. Parte de esta infraestructura, corresponde al sistema eléctrico, cuyas instalaciones permiten el desarrollo óptimo de las clases, por tal razón, deben ser diseñadas para cumplir con las necesidades técnicas y de utilización propias de una institución educativa.

El colegio Santiago Apóstol tiene 40 años de funcionamiento, durante los cuales ha sufrido cambios significativos en su estructura física y sistema eléctrico. Estas modificaciones consisten en la implementación de aires acondicionados, salas de sistemas, audiovisuales, entre otras; originando sobre carga en los circuitos ya existentes y posiblemente un aumento significativo del consumo energético desconocido aún. Además se tiene proyectado realizar una ampliación de la planta física, lo que implica el cumplimiento obligatorio de las normas técnicas vigentes (RETIE), para adecuar el sistema eléctrico actual. Para dar solución a la problemática anteriormente planteada, es necesario realizar un diagnóstico energético del sistema eléctrico. Este, busca implementar estrategias técnicas y económicas correctivas, que permitan aumentar la eficiencia energética del sistema eléctrico existente, disminuyendo el consumo de energía.

### **1.2 FORMULACIÓN**

¿Qué medidas de ahorro se pueden implementar en el colegio santiago apóstol para hacer que el sistema eléctrico sea más eficiente y se disminuya el consumo energético?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Elaborar un diagnostico energético del sistema eléctrico existente en el colegio Santiago Apóstol, presentando soluciones acordes a la normalización técnica vigente, que contribuyan a disminuir el consumo de energía eléctrica en el colegio.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Proporcionar una descripción clara del sistema eléctrico existente en el colegio Santiago Apóstol a partir de la elaboración de un diagrama unifilar.
- Diagnosticar las anomalías presentes en el sistema eléctrico del colegio y formular soluciones teniendo en cuenta las normas técnicas eléctricas vigentes (RETIE).
- Formular un conjunto de recomendaciones que permitan implementar un plan de gestión eficiente de la energía eléctrica.



### **3. JUSTIFICACIÓN**

Durante los últimos años, las empresas han visto cómo la energía ha pasado de representar un factor marginal en su estructura de costos a ser un rubro importante de la misma. Debido al incremento paulatino en su precio, han tenido que enfrentar el reto de disminuir la participación de los energéticos o por lo menos mantener su mismo nivel en los costos. Para ello, es preciso conocer claramente el tipo y la cantidad de energía que se utiliza en cada uno de los procesos que conforman la operación industrial y determinar las acciones pertinentes para abatir los costos de producción por concepto de energía sin afectar la calidad ni la cantidad de la producción.

Observando la experiencia obtenida en la aplicación de planes de ahorro de energía, se ha demostrado que con el incremento de la eficiencia energética, se obtienen beneficios económicos adicionales al costo de los energéticos ahorrados, junto con la posibilidad de incrementar la producción y la reducción de emisiones contaminantes. Este ahorro no puede llevarse a cabo si no se conoce donde y cómo se le está utilizando, para así lograr la eficiencia en su consumo. En la mayoría de los casos el establecimiento de este punto de partida requiere de un diagnóstico energético. Sin embargo esta herramienta técnica no podría alcanzar ahorros significativos y a largo plazo sin el respaldo de un plan de ahorro de energía dentro de la empresa. Tal plan asegura la infraestructura técnica, administrativa y financiera para llevar a cabo con éxito las medidas tanto de conservación, uso eficiente y situación energética, como de ahorro de energía.

Para la Fundación Alberto Uribe Urdaneta como empresa, es de gran importancia poder reducir costos a nivel energético en sus colegios y promover una cultura ambiental en la comunidad educativa haciendo uso razonable de la energía eléctrica, a partir de este argumento se puede afirmar que el diagnóstico energético propuesto para realizarse en el colegio Santiago Apóstol, es el inicio para poder desarrollar un plan de ahorro de energía, involucrando toda la comunidad educativa e implementando una infraestructura técnica, administrativa y financiera que garantice el cumplimiento de los objetivos planteados por el plan.

#### **4. HIPÓTESIS**

El sistema eléctrico del colegio santiago apóstol esta formado por tres grandes sistemas consumidores que son iluminación, climatización y carga asociada a tomas. El sistema de iluminación en su mayoría cuenta con luminarias fluorescentes de balasto magnético y luminarias incandescentes, condición que puede mejorarse reemplazando los balastos existentes por balastos electrónicos y luminarias fluorescentes compactas (LFC), estos presentan menor consumo energético y hacen el sistema mas eficiente. El sistema de climatización es sectorizado, conformado por tres aires acondicionados y ventiladores, estos elementos son considerados como grandes consumidores de energía eléctrica dependiendo de su tiempo de utilización, lo que significa que par mejorar su eficiencia se debe tener en cuenta una cultura de ahorro energético y un buen seguimiento de mantenimiento, las cargas asociadas a tomas presentan un consumo significativo a nivel global, los computadores por ser un numero grande en el colegio consumen gran parte de la energía eléctrica, se pueden establecer estrategias como carteles donde se recomienda a las personas apagar los computadores si no se van a utilizar y tener presente para las próximas adquisiciones de equipos, que existen en el mercado monitores y CPU con dispositivos de ahorro energético. Partiendo de los anteriores planteamientos es posible mejorar el consumo energético implementando medidas a corto, mediano y largo plazo, que regulen el funcionamiento de los sistemas consumidores antes mencionados.

## **5. MARCO CONTEXTUAL**

### **5.1 RESEÑA HISTÓRICA**

La fundación colegio Carvajal fue constituida por la Fundación Carvajal a partir de 1964 como una respuesta a la invitación que el Arzobispo Alberto Uribe Urdaneta con el fin de cooperar en la promoción integral del hombre.

El colegio inicialmente perteneció al centro parroquial que en sus inicios, constaba de cinco departamentos, educación, cultura y deportes, departamento medico, droguería y comisariato, culto religioso y desarrollo de la comunidad, con un sitio para cada uno: la iglesia, el colegio, el puesto de salud, las canchas y el salón de actos. En todos se congregaban gente, con distintos intereses y a distintas horas del día.

Se iniciaron clases por primera vez el 4 de octubre de 1965 con 318 alumnos, 8 profesores de bachillerato y 5 de primaria. El objetivo del colegio desde un comienzo ha sido brindar oportunidad a la juventud de bajos recursos económicos, para que adquieran una amplia y genuina formación religiosa, física, intelectual y técnica.

El día 3 de agosto de 1984, Jaime Carvajal Sinisterra, Rodrigo Velasco Guerrero, el presbítero Alberto Bessling Belche de la comunidad de asuncionistas y la Hermana Maria Guadalupe Maraña Pinto, religiosa de la compañía de Santa Teresa de Jesús, aceptan la dirección del colegio bajo la propiedad de la arquidiócesis de Cali y se crea una nueva institución llamada fundación colegio santiago apóstol manejada en su totalidad por las hermanas de la compañía de Santa Teresa de Jesús. Después de casi 22 años de estar el colegio manejado por las hermanas de la Compañía Santa Teresa de Jesús, en el mes de mayo del 2006, la arquidiócesis de Cali retoma el manejo directo del colegio bajo la administración de la fundación Alberto Uribe Urdaneta.

### **5.2 UBICACIÓN**

El colegio santiago apóstol se encuentra ubicado en el sur oriente de la ciudad de Cali, en el barrio San Carlos, perteneciente a la comuna 11, calle 29, carrera 34 esquina.

20

## 6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL COLEGIO SANTIAGO APÓSTOL

### 6.1 INSTALACIONES FÍSICAS DEL COLEGIO

En la actualidad el colegio Santiago Apóstol tiene un área de 3000m<sup>2</sup> aproximadamente, en la cual se encuentran distribuidos en 24 salones de clase, una sala de audio visuales, una sala de sistemas, una sala de dibujo técnico, una sala de profesores, siete salones para talleres de electricidad, laboratorio de química, teatro, biblioteca, consejera, psicología, enfermería, emisora, duchas, baños de niños, niñas y profesores, depósitos de deportes, mapas, material didáctico, materiales eléctricos, dos pasillos principales, tres patios, oficinas.

El colegio, en su mayoría presenta construida la primera planta, la segunda planta esta conformada por la coordinación, la emisora, la sala de audio visual y los nuevos salones de séptimo. Para realizar el presente estudio se dividió el colegio estratégicamente en varias zonas, lo que permite tener una claridad de la ubicación espacial de las partes que componen el colegio, la siguiente tabla especifica las zonas en que dividió y el área que ocupa cada una, se le asignó un color en particular a cada una, para poder distinguirlas durante todo el documento.

**Tabla 1. División por áreas del colegio Santiago Apóstol**

ZONA	DESCRIPCIÓN	ÁREA EN M <sup>2</sup>
1	Salones 6-3, 8-1, 8-2, 8-3, 8-4	48
	Pasillo 1	97
	Sala de profesores	48
2	Baños de niños y niñas	60
	Coordinación bachillerato y emisora	45
	Cuartos de aseo y materiales didácticos	12
	Sala de sistemas	44
3	Salones de 9-1, 9-2, 10-1, 10-2, 11-1, 11-2. cuarto materiales vigilantes	48
	Pasillo 2	81

ZONA	DESCRIPCIÓN	ÁREA EN M <sup>2</sup>
4	Oficinas, cuarto vigilante, pasillo, cocineta 1	90
	Sala de dibujo técnico	63
5	Salones 6-1 Y 6-2	100
	Psicología, consejería, bodega	28
	Coordinación primaria	16
	Depósitos de materiales deportivos, eléctricos y didácticos	37.5
	Duchas y camerinos	25
6	Talleres de electricidad y laboratorio de química	408
7	Salones 7-1, 7-2 y tienda	160
	Salones 7-3, 7-4 y sala de audio visuales	124

**Figura 2. Diagrama de emplazamiento del colegio Santiago Apóstol.**

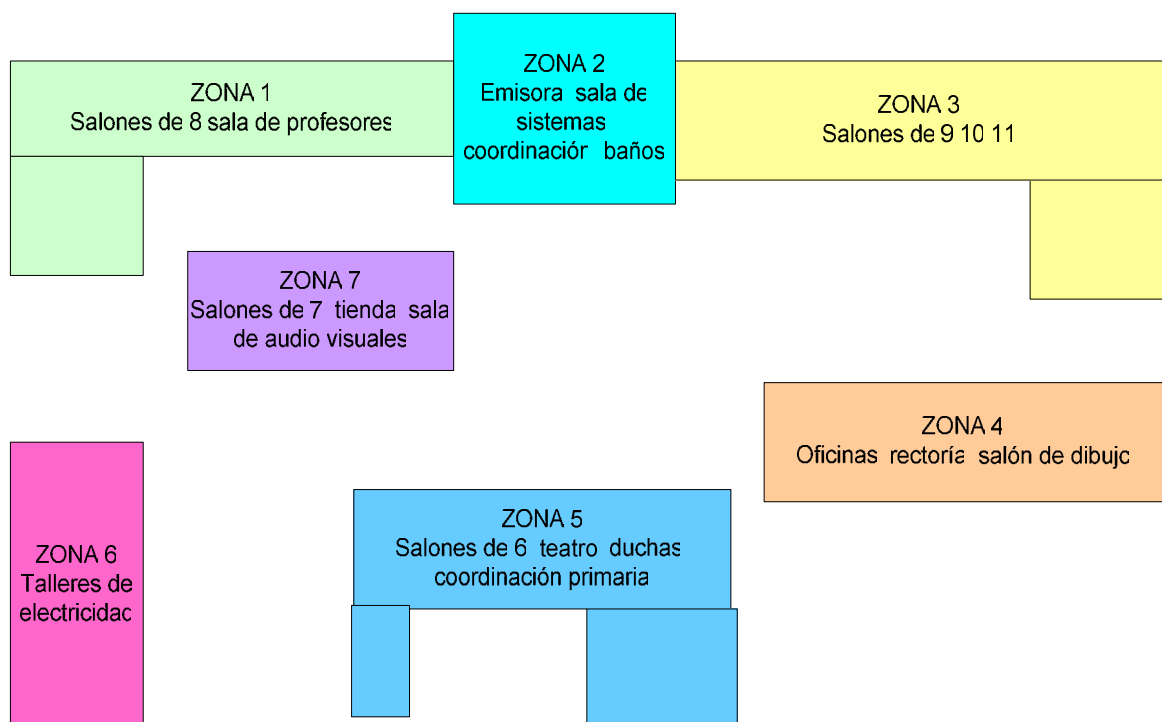
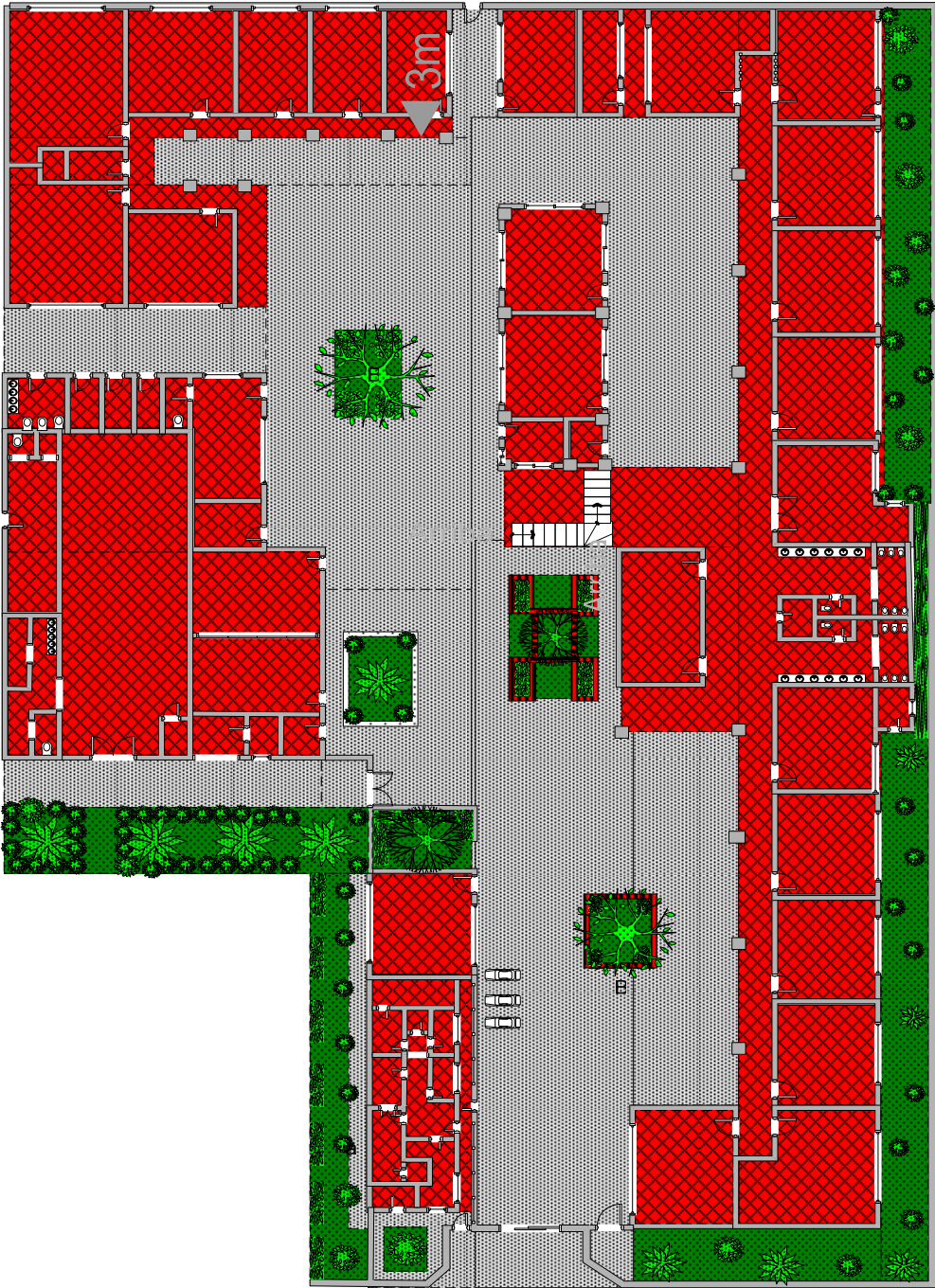


Figura 3. Plano arquitectónico del colegio santiago apóstol





## 6.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

**6.2.1 Acometidas.** El sistema eléctrico del colegio Santiago Apóstol se encuentra alimentado por dos acometidas. La primer acometida es aérea bifásica trifilar, formada por tres conductores calibre # 6 AWG y se alimenta de un transformador de 75KVA, ubicado en la parte externa del colegio, perteneciente a EMCALI, se encuentra conectada a una cuchilla trifilar y de allí se conecta al tablero principal 1, ubicado en el segundo piso de la zona 3 al frente de la coordinación de bachillerato y la emisora, esta acometida alimenta las zonas 1, 2,3, 7 del colegio.

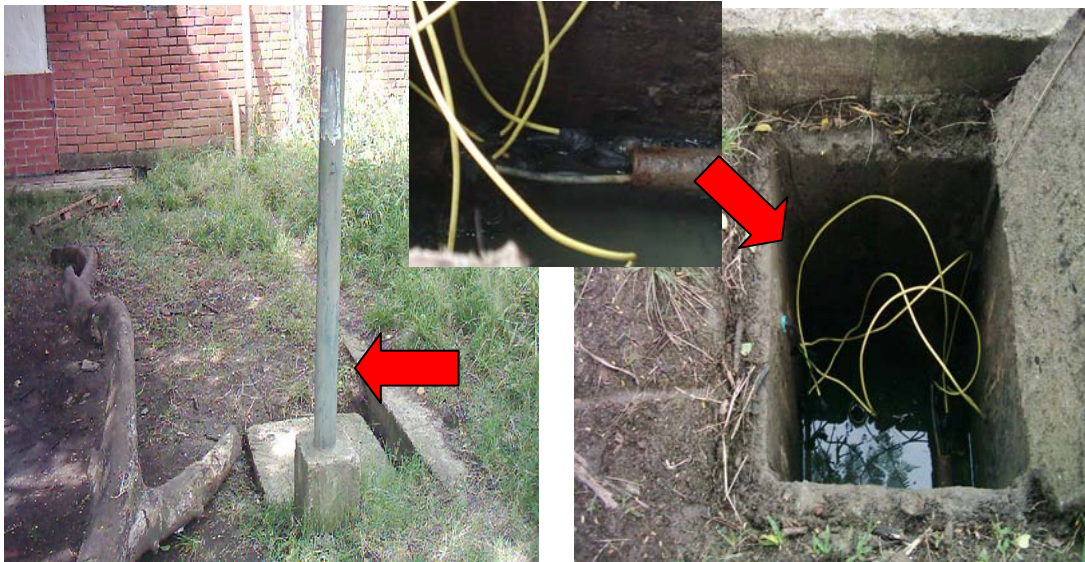
**Figura 4. Acometida aérea del colegio santiago apóstol**



Existe una segunda acometida subterránea conectada a un circuito alimentador externo diferente al de la acometida uno, esta se divide a la vez en dos acometidas más, una que es monofásica, formada por dos conductores calibre #8 AWG que alimentan la zona 4 y la otra que es trifásica tetrafilar, formada por cuatro conductores #6 AWG, que alimentan la zona 5 y 6.



**Figura 5. Acometida subterránea parte exterior**

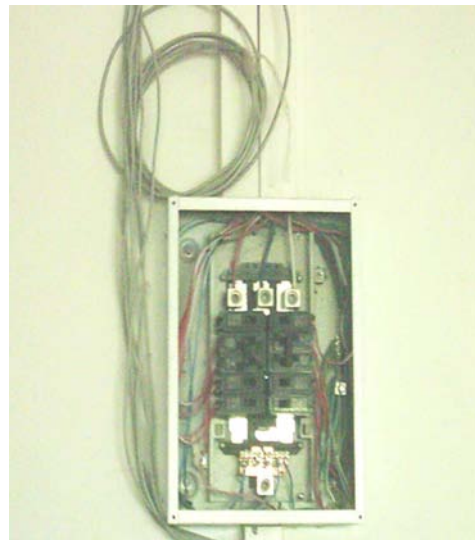


La acometida subterránea trifásica tetrafilar, llega al tablero principal 2 que se encuentra a un lado del teatro al frente de psicología, la monofásica llega al tablero principal de la zona 4.

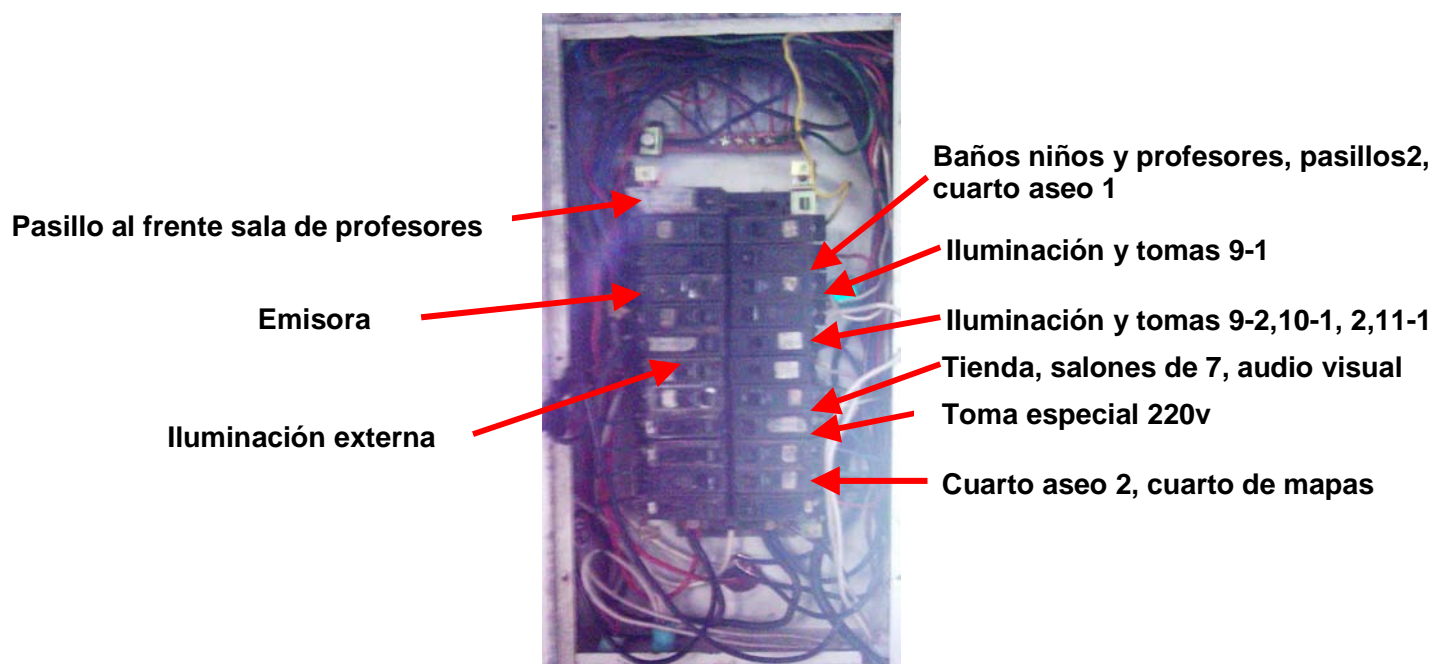
**6.2.2 Tableros.** El sistema eléctrico del colegio esta conformado por varios tableros que controlan diferentes zonas, para describir de manera más clara las funciones de estos tableros fue enumerado aleatoriamente para referirse a cada uno específicamente. La acometida aérea en la parte exterior de la zona 3, tiene una alimentación para el tablero 3 que se encuentra en la sala de profesores y para el tablero 4 que esta ubicado en la sala de sistemas. El **tablero principal 1**, esta ubicado en la coordinación de bachillerato, controla la iluminación y alimentación de las zonas 2 y 3 (salones de 9, 10,11, pasillo 2, baños de hombres y mujeres, cuartos de aseo, coordinación de bachillerato y emisora), la iluminación externa de la parte interior y posterior del colegio, tiene también un interruptor automático para toda la zona 7 que fue modificada recientemente y otros circuitos que están fuera de servicio. En total se pueden visualizar 23 interruptores automáticos (breakers), de los cuales solo 13 están en funcionamiento.

El **tablero 3** controla los circuitos de alimentación e iluminación de los salones de 6-3, 8, sala de profesores. El tablero 4, controla la iluminación y alimentación de la sala de sistemas.

**Figura 6. Tablero 3. Sala de profesores y Tablero 4. Sala de sistemas**

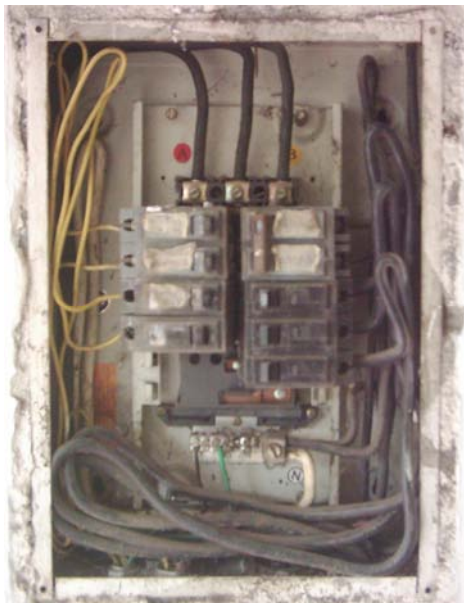


**Figura 7. Tablero principal 1. Coordinación de bachillerato**



La acometida subterránea alimenta el tablero 8 (oficinas y sala de dibujo) y el tablero principal 2, el cual alimenta el tablero 9 (teatro) y 10 (talleres de electricidad).

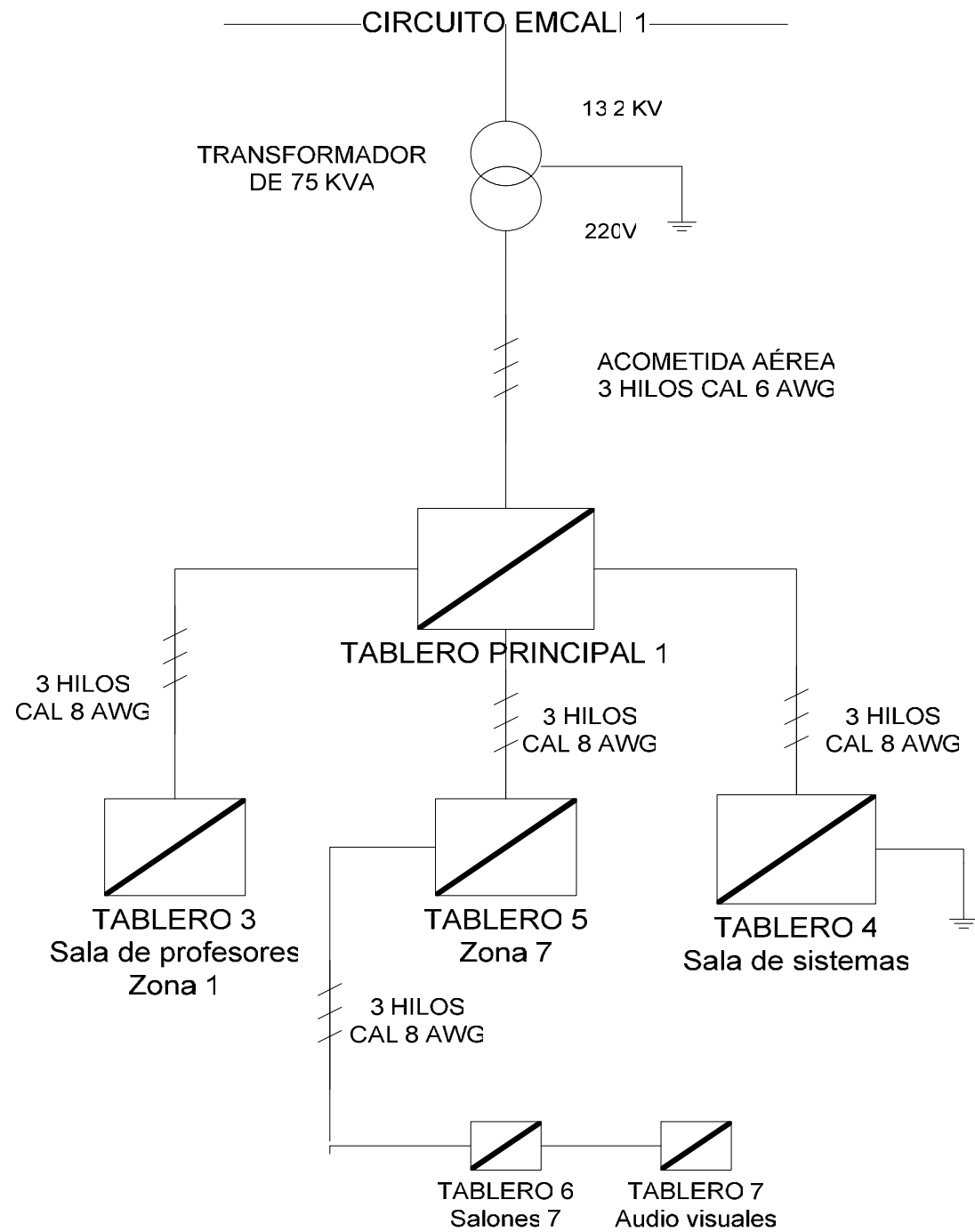
**Figura 8. Tablero principal 2. Parte externa del teatro**



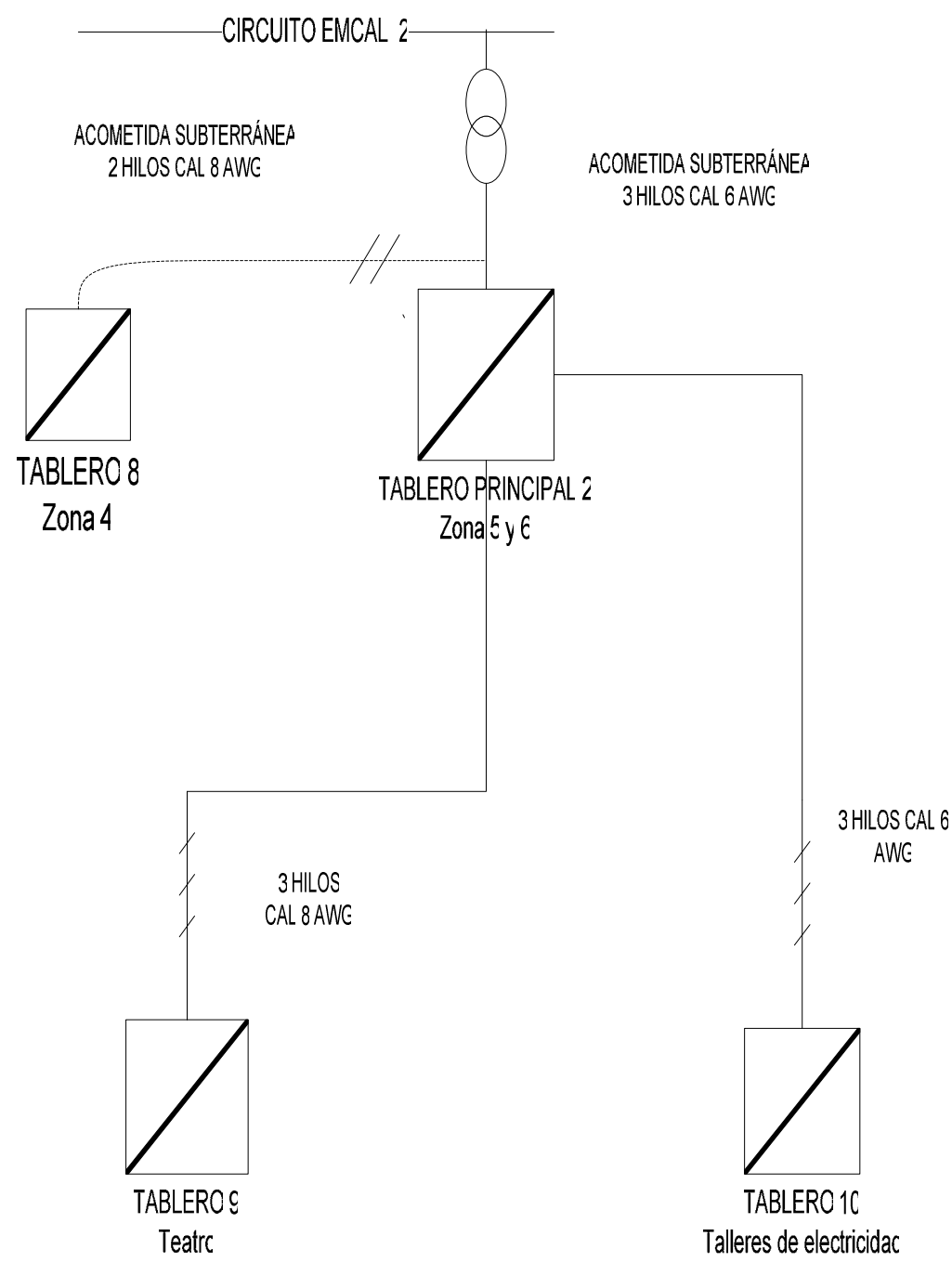
**Figura 9. Tablero 10. Talleres de electricidad**



**Figura 10. Diagrama unifilar de la acometida aérea**



**Figura 11. Diagrama unifilar de la acometida subterránea**



**6.2.3 Circuitos ramales.** El sistema eléctrico del colegio Santiago Apóstol presenta una gran variedad de cargas eléctricas, repartidas en los tableros anteriormente descritos, la mayor parte de la iluminación es fluorescente y los tomas en su mayoría son dobles, solo en parte de talleres de electricidad se cuenta con toma trifásica.

Los circuitos ramales desprendidos de cada tablero se describen a continuación en la tabla 1, la descripción del tipo de carga, cantidad, potencia y amperaje se especifican en la tabla 2

**Tabla 2. Cuadro ubicación de tableros y circuitos ramales**

<b>TABLERO</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>CIRCUITOS RAMALES</b>
1PRINCIPAL	ZONA 2.	Baños, pasillo 2, salones 9,10,11, emisora, coordinación, cuarto de mapas, iluminación externa, cuartos de aseo, toma especial
2 PRINCIPAL	ZONA 5	Teatro, psicología, consejería, salones 6, biblioteca, talleres, coordinación primaria, duchas
3	ZONA 1	Lámparas y tomas sala de profesores, salones de 8, pasillo1
4	ZONA 2	Lámparas y tomas de la sala de sistemas
5	ZONA 7	Lámparas y tomas de la tienda, enfermería
6	ZONA 7	Lámparas y tomas de los salones 7
7	ZONA 7	Lámparas y tomas de Sala de audio visuales
8	ZONA 4	Lámparas y tomas de secretaria, rectoría y tesorería
9	ZONA 5	Lámparas y tomas del teatro, biblioteca
10	ZONA 6	Lámparas y tomas de talleres electricidad

**6.2.4 Estado de las instalaciones eléctricas del colegio santiago apóstol.** En primera instancia, se realizó un examen visual de todas las instalaciones eléctricas del colegio, evaluando el estado en el cual se encuentran, cuyos resultados son descritos en la tabla 3.

**Tabla 3. Descripción del estado de las instalaciones eléctricas del colegio**

DESCRIPCIÓN	EXCELENTE	BUENO	REGULAR	MALO	NO EXISTE
Acometida aérea		X			
Acometida subterránea			X		
Transformador propio					X
Caja de contador				X	
Contador					X
Cuchillas			X		
Totalizador					X
Tablero principal 1			X		
Tablero principal 2			X		
Tablero 3			X		
Tablero 4		X			
Tablero 5		X			
Tablero 6		X			
Tablero 7		X			
Tablero 8		X			
Tablero 9			X		
Tablero 10			X		
Interruptores automáticos		X			
Tuberías PVC		X			
Tubería metálica				X	
Alambres y cables		X			
Salidas de alumbrado		X			
Salidas de alimentación			X		
Lámparas y bombillos			X		
Interruptores		X			
Mayas			X		
Pararrayos					X



De las anomalías encontradas en el sistema eléctrico, solo se profundizaran en aquellas que impliquen significativamente un aumento directo del consumo energético, para dar cumplimiento con los objetivos planteados, partiendo de esto se analizaran los principales sistemas consumidores de energía y se determinara cual de ellos presenta mayor incidencia en el problema. En las siguientes figuras se puede observar el estado de algunas partes de las instalaciones eléctricas del colegio santiago apóstol.

**Figura 12. Estado de la caja del contador**



**Figura 13. Estado de la acometida aérea**





## 7. ANÁLISIS DE COSTOS Y CONSUMOS ENERGÉTICOS

### 7.1 COSTOS Y CONSUMOS HISTORICOS

El colegio en la actualidad tiene un convenio con EMCALI hace varios años, por medio del cual se establece un cobro fijo de \$460.000 por un promedio histórico de consumo que es de 1850 Kwh, situación justificada por la razón social del colegio, por lo tanto no cuenta con un sistema de medida que permita establecer consumos energéticos históricos, lo que implica que se deben establecer datos de consumos basados en la carga instalada actual y la cantidad de horas mensuales trabajadas por la misma. Para conocer el valor económico del consumo actual se toma como referencia la tarifa actual para este tipo de usuario.

Como es de conocimiento publico, para realizar cualquier ampliación o reestructurar el sistema eléctrico de una empresa se debe dar cumplimiento a las normas RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) y leyes referentes a la prestación de servicios públicos (ley 143,143, CREG 051), esto puede significar un aumento de costos referentes a consumo energético aun no establecidos en muchos de los casos de estudio. En el caso del colegio santiago apóstol esta es una de las grandes razones para realizar un diagnostico energético y desarrollar las acciones para cumplir con las leyes y disminuir costos en energía eléctrica.

En la tabla 4, se describen los costos por razón de consumo de energía eléctrica de el año 2005, como se puede observar el consumo en kwh/m es constante, pero la tarifa y el valor de la contribución variaron en el transcurso del año, esto. Hay que resaltar el hecho que **el colegio no tiene un medidor que registre su consumo real de energía, por lo tanto se realizara un cálculo aproximado del mismo**. El valor económico por consumo de energía fue de \$5.479.422 pesos, para un consumo promediado constante de 1850kwh/m, sin embargo, el valor económico es mucho mayor si se tiene en cuenta que el sistema eléctrico ha tenido cambios significativos.

El presente diagnóstico busca establecer de manera aproximada el valor en kwh/m real del consumo y proponer estrategias para mejorar el consumo frente a un aumento relativo del costo económico. A continuación se elaboro un análisis de los equipos instalados, su consumo por horas para lograr establecer el valor del consumo total.

**Tabla 4. Análisis tarifaria de consumo energético del año 2005**

PERIODO	ELECTRICIDAD					
	TARIFA \$/KWh	INCREMENTO MENSUAL \$	CONSUMO KWh/mes	VALOR PARCIAL	VALOR CONTRIBUCION	VALOR NETO
Dic-04	210,99		1.850	\$ 390.332	\$ 75.121	\$ 465.453
Ene-05	209,40	-1,59	1.850	\$ 387.390	\$ 74.628	\$ 462.018
Feb-05	206,90	-2,50	1.850	\$ 382.765	\$ 75.392	\$ 458.157
Mar-05	203,76	-3,14	1.850	\$ 376.956	\$ 75.392	\$ 452.348
Abr-05	204,01	0,25	1.850	\$ 377.419	\$ 75.483	\$ 452.902
May-05	205,79	1,78	1.850	\$ 380.712	\$ 74.628	\$ 455.340
Jun-05	206,30	0,51	1.850	\$ 381.655	\$ 76.243	\$ 457.898
Jul-05	209,89	3,59	1.850	\$ 388.297	\$ 75.392	\$ 463.689
Ago-05	205,30	-4,59	1.850	\$ 379.805	\$ 74.628	\$ 454.433
Sep-05	207,20	1,90	1.850	\$ 383.320	\$ 77.392	\$ 460.712
Oct-05	202,10	-5,10	1.850	\$ 373.885	\$ 75.392	\$ 449.277
Nov-05	205,30	3,20	1.850	\$ 379.805	\$ 77.392	\$ 457.197
Dic-05	205,60	0,30	1.850	\$ 380.360	\$ 75.392	\$ 455.752
	<b>INCREMENTO TOTAL \$</b>	<b>-5,39</b>		<b>\$ 4.572.368</b>	<b>\$ 907.354</b>	<b>\$ 5.479.722</b>

## 7.2 COSTO Y CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL

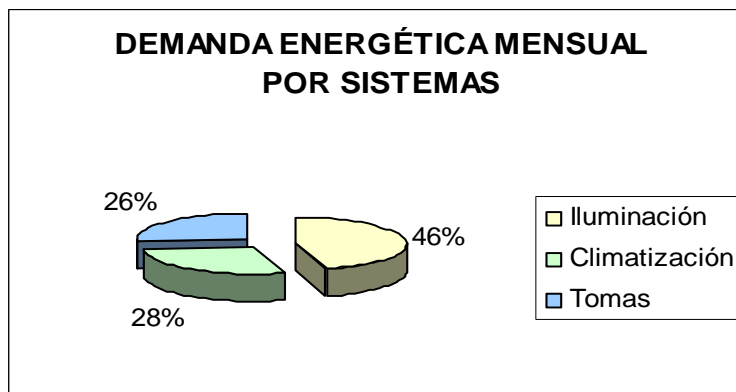
**7.2.1 Balance energético actual.** Para realizar el balance energético actual es necesario calcular el consumo total actual de energía eléctrica, con tal fin se realizo un seguimiento diario de las cargas instaladas en el colegio, durante el mes de mayo, con el fin de establecer la cantidad de horas diarias y mensuales, que trabajan cada una de las cargas, se tomaron también medidas de amperaje en los tableros principales durante las horas de mayor consumo energético. Posteriormente con estos datos y el valor de la potencia activa que consumen cada una de las cargas, se calculo la cantidad de kilo vatios por hora, mensual total del sistema eléctrico. Para dar una mayor claridad en los cálculos se dividió el sistema eléctrico en sus dos acometidas y se sumaron al final,

Una vez calculada la cantidad de kilo vatios hora, mes total se calcula el valor económico que puede representar este consumo sin tener en cuenta otras otros cobros adicionales, para tal efecto se utilizo el costo tarifaria establecido por la CREG para el nivel 1, usuario comercial y contribuyente ( CREG 108/97 y el articulo 5 de la ley 286 de 1996) sometido a la estructura tarifaria legal (decreto 1555 de 1990 en su articulo 11 y a la resolución CREG 9/96 articulo 5) (VER ANEXO 2). Estos datos pueden ser corroborados, con la información del recibo de pago de servicios públicos que llega al colegio.

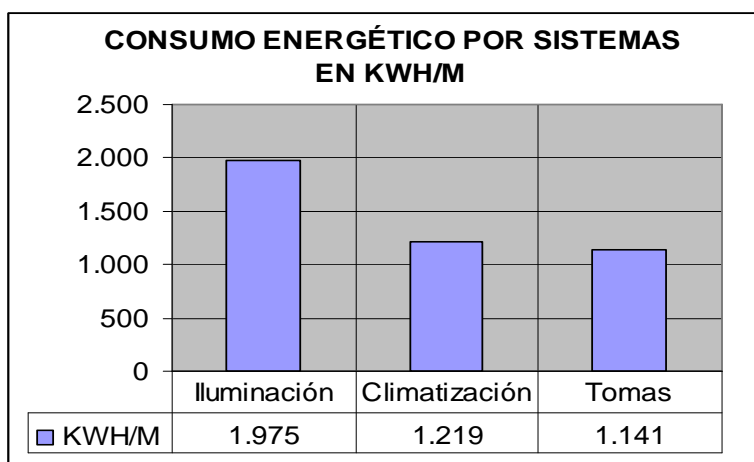
**Tabla 5. Consumo energético del mes de mayo**

Etapa del proceso de producción	Equipo	Fuente de energía	VOLTAJE (V)	POTENCIA (KW)	Tiempo de utilización horas / mes	Consumo por período de tiempo por cada uno de los equipos (KWh/mes)	Costo de la energía	Parte del costo total de la energía %
<b>ILUMINACION</b>								
ZONA 1	fluorescente	E. E.	110	1,31	192	252	51.562	5,91%
	incandescente	E. E.	110	0,40	192	77	15.744	1,80%
ZONA 2	fluorescente	E. E.	110	1,33	54	72	14.723	1,69%
	incandescente	E. E.	110	0,30	54	16	3.321	0,38%
ZONA 3	fluorescente	E. E.	110	2,21	126	278	57.084	6,54%
	incandescente	E. E.	110	0,10	126	13	2.583	0,30%
ZONA 4	fluorescente	E. E.	110	1,98	192	380	77.933	8,93%
	incandescente	E. E.	110	0,10	192	19	3.936	0,45%
ZONA 5	fluorescente	E. E.	110	3,21	74	238	48.696	5,58%
	incandescente	E. E.	110	1,60	74	118	24.272	2,78%
ZONA 6	fluorescente	E. E.	110	2,04	139	284	58.130	6,66%
	incandescente	E. E.	110	-		-	-	0,00%
ZONA 7	fluorescente	E. E.	110	1,59	96	153	31.291	3,58%
	incandescente	E. E.	110	-		-	-	0,00%
<b>CLIMATIZACION</b>								
Sala de profesores	Aires acondicionados	E. E.	220	1,90	96	182	37.392	4,28%
Sala de audio visuales	Aires acondicionados	E. E.	220	3,80	48	182	37.392	4,28%
Sala de sistemas	Aires acondicionados	E. E.	220	3,80	192	730	149.568	17,13%
salones	Ventiladores	E. E.	110	0,40	120	48	9.840	1,13%
talleres	Ventiladores	E. E.	110	0,80	96	77	15.744	1,80%
<b>TOMAS</b>								
Sala de sistemas	Computadores	E. E.	110	3,50	192	672	137.760	15,78%
Sala de profesores	Computadores	E. E.	110	0,42	192	81	16.531	1,89%
	Estufa, nevera	E. E.	110	3,18	24	76	15.646	1,79%
Talleres	Especiales	E. E.	220	5,50	6	33	6.765	0,77%
	compresores	E. E.	220	4,50	24	108	22.140	2,54%
	Computadores	E. E.	110	0,42	24	10	2.066	0,24%
Oficinas	Computadores	E. E.	110	0,56	192	108	22.042	2,52%
Coordinación	Computadores	E. E.	110	0,28	48	13	2.755	0,32%
Sala de dibujo	Computadores	E. E.	110	0,84	48	40	8.266	0,95%
<b>SISTEMAS</b>	<b>KWH/M</b>		<b>TOTAL:</b>	<b>46,07</b>		<b>4.259</b>	873.181	100,00%
<b>Iluminación</b>	<b>1.975</b>							
<b>Climatización</b>	<b>1.219</b>							
<b>Tomas</b>	<b>1.141</b>							

**Figura 14. Gráfica de la demanda energética mensual**

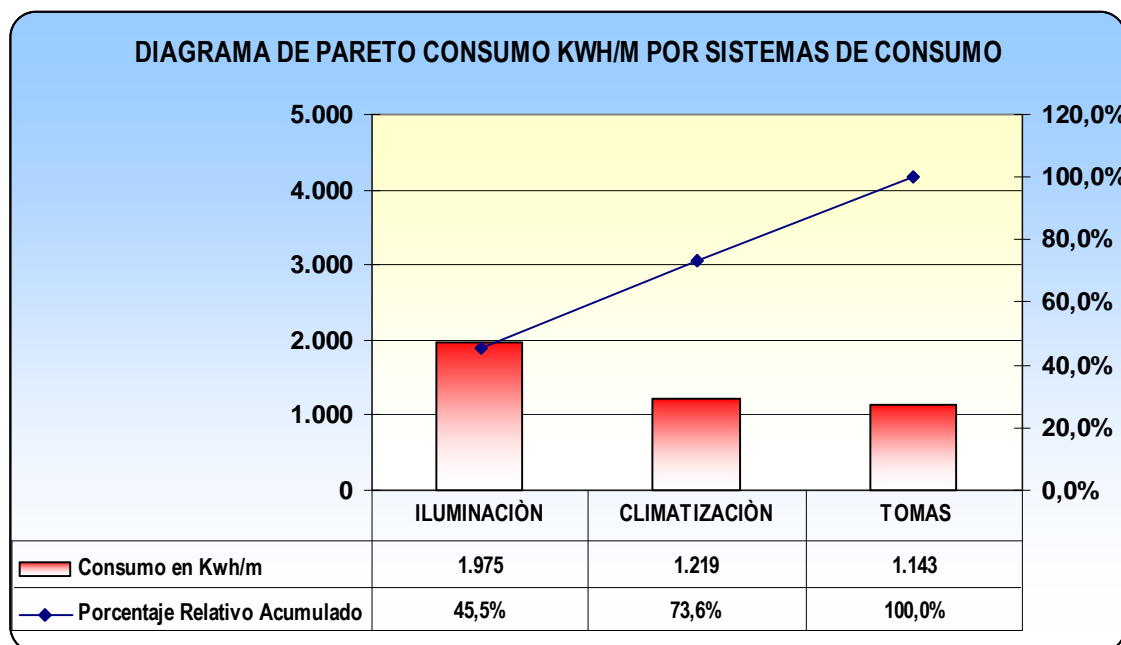


**Figura 15. Gráfica del la consumo energético mensual por sistemas**



Para identificar el 20% de los sistemas del colegio que producen el 80% del consumo de energía eléctrica se realiza el diagrama de pareto. Los diagramas de pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en por ciento. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto a la total. El análisis de las gráficas de pareto muestra alrededor del 80% de las ocurrencias de un evento caen en un 20% de las categorías que lo generan, para este caso se analiza cual de los sistemas consumidores de energía del colegio santiago apóstol presenta el 20% del 80% consumo energético total.

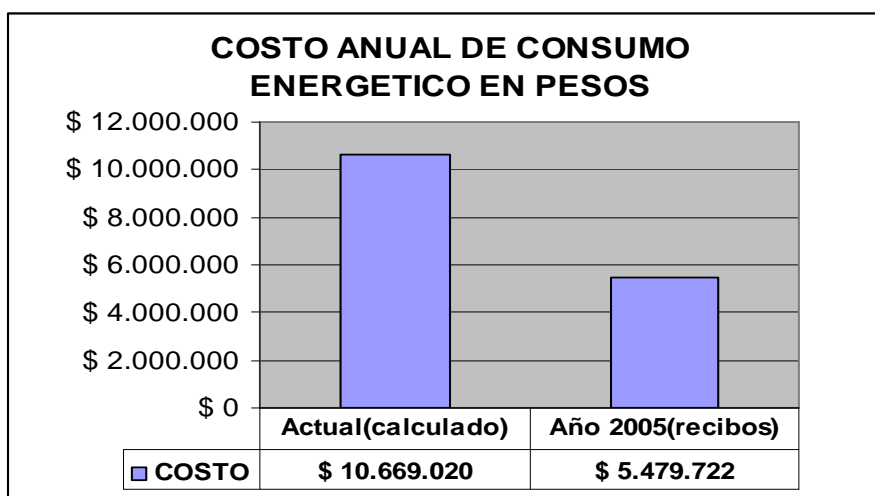
**Figura 16. Diagrama de pareto por sistemas consumidores**



Para determinar cual es el consumo anual real del colegio, se realizo un cálculo aproximado del consumo mensual, descrito en la tabla y luego se multiplico por la totalidad de los meses del año y se obtuvo que el consumo de energía eléctrica anual actual, que es de **52.044kwh/m**, de los cuales **23.700kwh/m** corresponden al sistema de iluminación, **14.628kwh/m** al sistema de climatización y **13.692kwh/m** a los tomas.

El costo anual aproximado del consumo real de energía eléctrico del colegio santiago apóstol es de **\$10.669.020** pesos, sin tener en cuenta el valor de la contribución de cada mes, mientras que el costo correspondiente al año 2005 por consumo energético fue de **\$ 5.479.722** pesos. En la figura 17, se compara el costo del consumo energético correspondiente al año 2005, con los costos calculados por consumo energético actual, lo que significa un aumento del 49% en el costo por consumo energético. Es claro que el sistema actual presenta mayor carga instalada que el de hace unos años atrás, cuando se determino el valor de 1850 kwh/m como promedio histórico para seguir realizando el cobro por consumo de energía eléctrica. Es necesario analizar el comportamiento energético de los sistemas consumidores, para determinar las medidas a tomar para disminuir costos por consumo energético.

**Figura 17. Comparación de costos por consumo energético anual**



### 7.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS CONSUMIDORES

Teniendo en cuenta la información del balance general energético para el mes de mayo, se pueden establecer tres grandes sistemas consumidores que son el sistema de iluminación, el de climatización y el de tomas de alimentación, a los cuales corresponden una serie de cargas conectadas, el paso a seguir es establecer cual de estos sistemas es que presenta mayor consumo energético y establecer cuales equipos son los que se deben entrar a estudiar mas profundamente para mejorar su eficiencia energética.

**7.3.1 Sistema de climatización y cagas asociadas a tomas.** El sistema de climatización del colegio esta conformado por varios aires acondicionados ubicados en la sala de sistemas, sala de profesores y la sala de audio visual, también se cuenta con varios ventiladores ubicados en los talleres, el teatro, y algunos salones. En la actualidad existe un circuito aparte para ampliar la instalación de más ventiladores a todos los salones de clase.

Por tener un horario extenso de clases, muchos de los profesores y personal que trabajan en oficinas cocinan en las dos cocinetas que tiene el colegio, estas cuentan con una pequeña estufa de dos boquillas y dos neveras (una mediana y una pequeña), en la zona de talleres se encuentran dos compresores que son utilizados durante el día a diferentes horas, con una potencia aproximada de 4500w entre los dos, otros equipos que se encuentran en el colegio en cantidad mayor son computadores de mediana gama con un consumo aproximado de 150w aproximadamente. A continuación se describe claramente la cantidad de equipos instalados, el consumo mensual por horas.

**Tabla 6. Consumo energético de climatización y tomas mensual**

<b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>					
<b>EQUIPOS CONECTADOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>Potencia</b>	<b>horas</b>	<b>horas</b>	<b>Kwh/m</b>
Aire sala de profesores	1	1,9	4	96	182
Aire sala de audio visuales	2	3,8	2	48	182
Aire sala de sistemas	2	3,8	8	192	730
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>9,5</b>	<b>5</b>	<b>112</b>	<b>1094</b>
Ventiladores de salones	5	0,4	5	120	48
Ventiladores de talleres	10	0,8	4	96	77
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>1,2</b>	<b>5</b>	<b>108</b>	<b>125</b>
<b>TOMAS</b>					
Computadores sala de sistemas	25	3,5	8	192	672
Computadores sala de profesores	3	0,42	8	192	81
Computadores de oficina	4	0,56	8	192	108
Computadores de sala dibujo	6	0,84	2	48	40
Computadores de talleres	3	0,42	1	24	10
Computadores de coordinación	2	0,28	2	48	13
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>	<b>6,02</b>	<b>5</b>	<b>116</b>	<b>924</b>
Compresores talleres	2	4,5	1	24	108
Estufa	2	3	1	24	72
Especiales	5	5,5	6	6	33
Neveras	2	0,18	1	24	4

**Tabla 7. Potencia y amperaje de los equipos conectados en el sistema**

<b>Equipos conectados</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Amperaje(A)</b>
Aires acondicionados	9.500	43.1
Ventiladores	1.200	10.9
compresores	4.500	20.5
Estufa - nevera	3180	29
Tomas de 220v	5.500	25
<b>Total</b>	<b>23.880</b>	<b>128.5</b>

**7.3.2 Sistema de iluminación.** El sistema de iluminación del colegio santiago apóstol esta compuesto por lámparas fluorescentes de precalentamiento, balasto magnético (2x20w, 1x20w, 2x40w), de encendido instantáneo, balasto magnético (2x39w, 2x75w) y unas pocas de balasto electrónico (2x35w), en cuanto al alumbrado incandescente tiene bombillas de 100w y reflectores halógenos de 400w para la zona exterior. A continuación se describen en la tabla, el lugar donde se encuentran y el consumo que presentan mensualmente.

**Tabla 8. Consumo energético mensual, acometida aérea**

ACOMETIDA ÁEREA	Fluorescente						Incandescente			HORAS		
Descripción	2x39w	2x75w	2x20w	1x20w	2x40w	2x35w	100w	400w	(kW)	D	M	KWH/M
<b>ZONA 1</b>												
Baños, Pasillo 2	4			6	1		4		1,02	8	192	196
salones 9,10,11	8								0,69	8	192	132
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1,71</b>	<b>8</b>	<b>192</b>	<b>328</b>
<b>ZONA 2</b>												
Emisora				1					0,03	0,5	12	0,4
Coordinación		3							0,50	4	96	47,5
Cuartos de aseo y mapas							3		0,30	0,5	12	3,6
iluminación externa								2	0,80	4	96	76,8
Sala de sistemas						8			0,47	8	144	68
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2,10</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>151</b>
<b>ZONA 7</b>												
Salones 7 y tienda	15		1	5	1				1,59	4	96	153
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,59</b>	<b>4</b>	<b>96</b>	<b>153</b>
<b>ZONA 3</b>												
Pasillo 1				3					0,09	4	96	9
Salones 6, 8	6	4							1,18	8	192	226
Sala de profesores	4								0,34	8	192	66
Cocineta							1		0,10	1	24	2
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1,71</b>	<b>5</b>	<b>126</b>	<b>215</b>
<b>Total acometida</b>	<b>37</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>7,10</b>			<b>847</b>



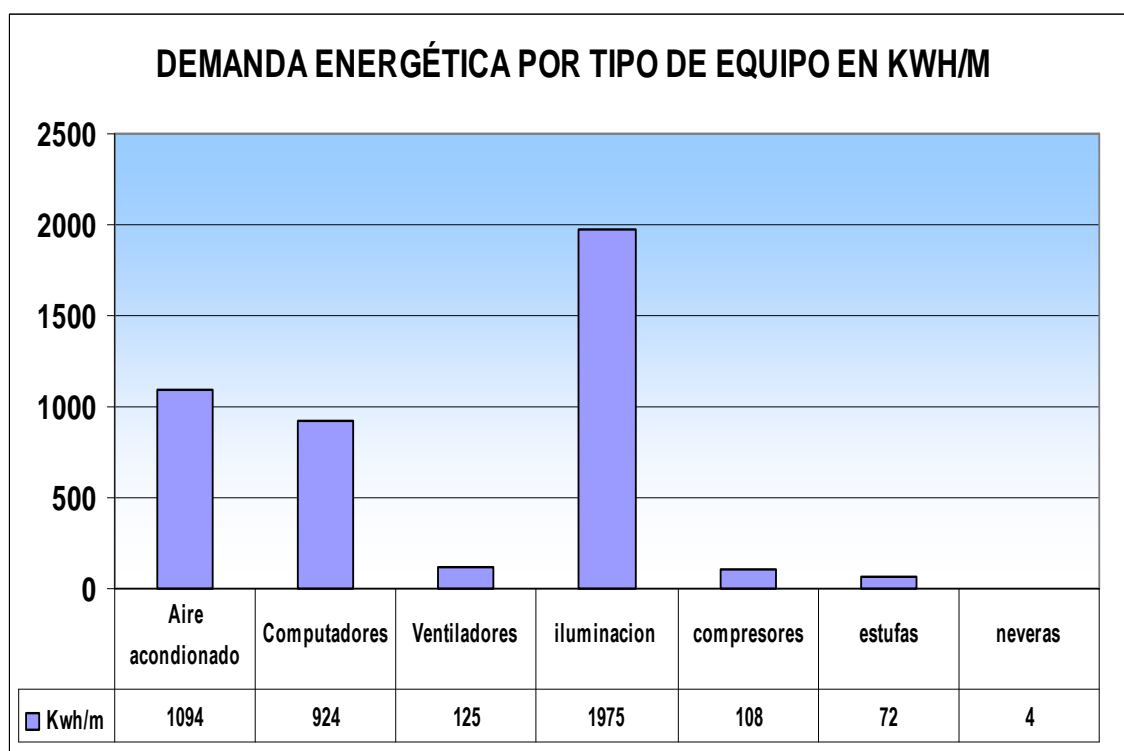
**Tabla 9. Consumo energético mensual, acometida subterránea**

<b>ACOMETIDA SUBTERRANEA</b>												
	Fluorescente						Incandescente		Potencia	HORAS		
<b>ZONA 4</b>	2x39 w	2x75 w	2x20 w	1x20 w	2x40 w	2x35 w	100w	400 w	(kW)	D	M	KWH/M
Oficinas	7						4		1,00	8	192	192
Salón dibujo		6					0		0,52	8	192	99
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1,52</b>	<b>8</b>	<b>192</b>	<b>382</b>
<b>ZONA 5</b>												
salones 6-1,2		4							0,66	4	96	63
Psicología, consejería	2								0,17	0,5	12	2
Duchas, cuarto deportes							6		0,60	0,5	12	7
Depósitos 1,2 y3							3		0,30	0,5	12	4
Coordinación primaria	3						1		0,36	4	96	34
biblioteca	4						2		0,54	8	192	104
TABLERO 9 teatro	10						4	2	2,06	4	96	198
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4,69</b>	<b>3</b>	<b>74</b>	<b>346</b>
<b>ZONA 6</b>												
Taller 1	4								0,34	8	192	66
Taller 2	4	2							0,67	8	192	129
Taller 3	4								0,34	8	192	66
Taller 4	4								0,34	0,5	12	4
Taller 5		2							0,33	8	192	63
Taller 6		2							0,33	8	192	63
Taller 7		2							0,33	0	0	0
Corredor interno			1		5				0,53	2	48	25
Laboratorio	3								0,26	0,5	12	3
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3,48</b>	<b>5</b>	<b>115</b>	<b>399</b>
<b>Total acometida</b>	<b>51</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>9,70</b>	<b>16</b>	<b>380</b>	<b>1037</b>

<b>TOTAL ACOMETIDAS:</b>	<b>KWH/M 1975</b>
------------------------------	-------------------

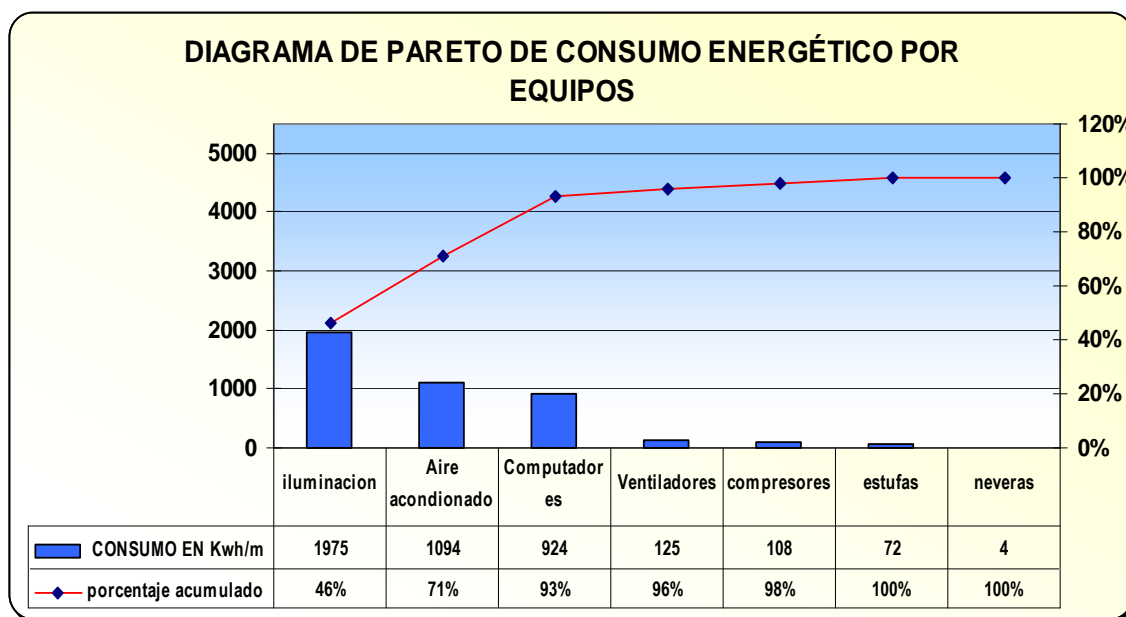
**7.3.3 Análisis de consumo energético por equipos conectados al sistema.** La gráfica de demanda energética por tipo de equipo conectado (figura 18), permite establecer una comparación en cuanto al consumo energético de los equipos conectados al sistema y su aporte porcentual, se puede observar que el mayor consumo energético corresponde a las luminarias del sistema de iluminación con un porcentaje del 44%, en segundo lugar se encuentran los aires acondicionados con un 26% del consumo energético, que forman parte del sistema de climatización y en tercer lugar están los computadores con un porcentaje de 22%, el resto de equipos no presentan un porcentaje significativo para el estudio que se pretende realizar.

**Figura 18. Gráfica de la demanda energética por tipo de equipos**



Para brindar una mayor claridad de la magnitud del problema y poder especificar cual es el foco principal de mayor consumo energético se elabora el diagrama de pareto de los consumos energéticos por equipos, muestra cual de los equipos conectados consume el 20% del 80% del consumo energético total.

**Figura 19. Diagrama de pareto consumo energético por equipos**



Como conclusión del análisis energético de consumo por equipos, se puede observar que el sistema de iluminación, es el punto de mayor impacto para hacer un estudio detallado con el objeto de ahorrar energía, por que presenta el mayor valor de consumo energético, esto puede deberse a que las luminarias instaladas presentan poca eficiencia energética.

Para disminuir el consumo de energía actual del colegio, es necesario implementar un programa de uso razonable de energía, que permita identificar las medidas de ahorro, mantenimiento y control, teniendo en cuenta que el mayor consumidor de energía eléctrica es el sistema de iluminación. Todo plan de ahorro energético presenta tres fases a desarrollar que son:

**Fase 1. Eliminación de desperdicio de energía:** en la cual se deben establecer las medidas de ahorro que sean fáciles de lograr, a corto plazo y con una justificación económica evidente.

**Fase 2. Optimización del sistema:** en la cual se establecen medidas de ahorro solo detectable por medio de un estudio específico, a medio plazo y con inversiones económicas significativas.

**Fase 3. Innovación de tecnología:** en la cual se establecen medidas de ahorro energético mediante la investigación, desarrollando nuevas tecnologías, a largo plazo y grandes inversiones económicas.

## **8. MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO PARA EL COLEGIO SANTIAGO APÓSTOL**

Partiendo del análisis energético y de la evaluación del estado del sistema eléctrico del colegio santiago apóstol, se proponen una serie de medidas a corto, mediano y largo plazo, que conllevan a la organización de un plan de ahorro energético.

### **8.1 MEDIDAS DE AHORRO A CORTO PLAZO**

- Reparar todas las anomalías técnicas encontradas en el sistema eléctrico, las cuales son descritas en la tabla 10, con sus respectivas soluciones.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo de todas las instalaciones y equipos eléctricos del colegio.
- Establecer horarios para los aires acondicionados, en los cuales sean necesarios su uso. Apagar los equipos acondicionadores cuando no haya gente que aproveche el confort que brindan
- Apagar los computadores cuando no se estén utilizando.
- Utilizar estufa de gas para cocinar los alimentos en las horas establecidas.
- Encender los ventiladores solo si la temperatura del ambiente lo exija.
- Apagar los compresores si no se están utilizando.
- Utilizar el sistema de iluminación, de manera más eficiente, prendiendo solo las luminarias necesarias para desarrollar el trabajo, esto se vera reflejado que en una reducción de costos en energía y mantenimiento.
- En exteriores tales como estacionamientos, áreas grandes, canchas, patios etc., utilizar iluminación preferiblemente del tipo de sodio de alta presión o halogenuros metálicos; esto ayudará a tener bajos consumos eléctricos, altos niveles de iluminación y una mayor vida útil de las luminarias, además por supuesto, de bajos costos de mantenimiento.
- Se recomienda la instalación de controles automáticos de luz, como los sensores infrarrojos, sónicos u otros; especialmente en pasillos, salas de reuniones y bodegas.

- Aprovechar al máximo la luz natural, mediante la instalación de tragaluces.
- Individualizar interruptores en áreas de denso número de luminarias, tratando de dividir el área en sectores de trabajo.
- Sustituir las bombillas incandescentes tradicionales por fluorescentes compactas en aquellas áreas de donde la luz se utilice más de 4 horas diarias.
- Mantener la temperatura del termostato en 22°C para los aires acondicionados; es suficientemente confortable y evita la exposición del personal a cambios bruscos de temperatura.
- Limpiar los filtros de aire acondicionado una vez por semana.
- No colocar a una temperatura muy fría al aire acondicionado al momento de ponerlo en marcha, ya que no refrescará el ambiente rápidamente, solo causará un gasto mayor de energía.

**Tabla 10. Anomalías encontradas en el sistema eléctrico**

<b>Anomalía</b>	<b>Causa</b>	<b>Norma</b>	<b>Solución</b>
Exposición a la lluvia del punto de conexión con los conductores aéreos de la acometida	Ausencia de capote hermético para la acometida aérea	2050 sección D 230-54	Se debe colocar un capote hermético en la entrada de los cables aéreos de la acometida para evitar su deterioro.
Tubería metálica de la acometida subterránea deteriorada y difícil acceso a la misma.	Falta de mantenimiento y envejecimiento por tiempo de uso	2050 sección A 300-5. RETIE Artículo 38 numeral 8	Es necesario cambiar por completo la acometida subterránea existente, teniendo en cuenta la norma 2050
Medio de desconexión y protección no adecuado	Solo existe una cuchilla tripular en la parte externa y de difícil acceso.	2050 sección 230 F Y G	Es necesario instalar un dispositivo de protección de sobre corriente y de desconexión teniendo en cuenta las características del sistema
Falta seguridad y señalización en los tableros de control	Tableros de control sin tapas y con cables desconectados. Interruptores no rotulados y sin identificación de mando.	RETIE (Artículo 17. numeral 9)	Colocar las tapas respectivas a los tableros. Señalizar todos los tableros. Identificar cada uno de los interruptores automáticos con los respectivos circuitos que protegen.

<b>Anomalia</b>	<b>Causa</b>	<b>Norma</b>	<b>Solucion</b>
Interruptores automáticos en mala condición.	Falta de mantenimiento preventivo.	RETIE (Artículo 17. numeral 7.2) 2050 sección 240 80-58	Cambiar los interruptores automáticos en mal estado teniendo en cuenta la capacidad de maniobra
Interruptores y tomas en mal estado, mal ubicados	Falta de mantenimiento preventivo y cumplimiento de normatividad técnica vigente	RETIE (Artículo 17. numeral 7.1) 2050 410-56	Cambiar interruptores y tomas en mal estado y ubicarlos de acuerdo a la norma 2050
Algunas salidas de alumbrado y alimentación presentan cables a la vista y no están bien protegidas.	Falta de mantenimiento preventivo	RETIE (Artículo 17. numeral 5) 2050 410-16 y57	Tapar las salidas con tapas de protección y encintar los cables e introducirlos en las cajas para evitar accidentes.
Iluminación deficiente en la mayoría de los salones	Las luminarias existentes no proporcionan la cantidad de lúmenes requeridos para este tipo de usos	RETIE (Artículo 16)	Elaborar un estudio de luminotecnica para mejorar la iluminación, teniendo en cuenta la eficiencia energética de las luminarias instaladas
El sistema de polo tierra es deficiente. Mayas con difícil acceso.	Solo existe protección a tierra de algunos circuitos y no existe pararrayos	RETIE (Artículo 15) 2050 sección 250	Se debe evaluar el nivel de riesgo para descargas eléctricas y de acuerdo a ello colocar un sistema completo de protección. Revisar las mayas existentes y colocar el polo a tierra a todos los tomas del colegio a un mismo nivel de referencia.
Daño reiterado de luminarias.	Falta de mantenimiento preventivo.	RETIE (Artículo 16)	Se debe desarrollar un plan de mantenimiento preventivo y mejorar la eficiencia energética de las luminarias
Des balance de fases	Mala distribución de cargas conectadas en las fases.	2050 sección 220	Es necesario redistribuir las cargas existentes, pues esto origina pérdidas energéticas.

## 8.2 MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO A MEDIANO PLAZO

- Elaborar un cronograma para realizar la capacitación de los estudiantes, profesores y en general todas las personas involucradas con el colegio de manera activa, sobre el uso eficiente de la energía eléctrica.
- Desarrollar una propuesta para mejorar el sistema de iluminación actual, con el fin de hacerlo mas eficiente y que cumpla con las normas técnicas vigentes en iluminación. Esta propuesta se describirá en el capítulo 9
- Partiendo de los resultados obtenidos en el presente diagnostico energético realizado, implementar un plan de ahorro energético a mediano plazo que involucre la participación activa de toda la comunidad educativa. Las recomendaciones para este plan se desarrollaran en capítulo 10 mas adelante.
- Fomentar por medio del proyecto de medio ambiente existente en el colegio, la cultura de ahorro energético, desarrollando actividades como foros, debates sobre temas relacionados con energías alternativas y desarrollo sostenible.
- Incluir la eficiencia energética como tema de los programas de estudio en el área técnica de electricidad y relacionarlos con las áreas de ciencias básicas.

## 8.3 MEDIDAS A LARGO PLAZO

Las siguientes medidas se caracterizan por que requieren una fuerte inversión de dinero y su consecución puede ser de tiempo prolongado, sin embargo son de carácter obligatorio para cumplir con la normatividad técnica vigente y para garantizar que el sistema eléctrico actual, pueda soportar el aumento de carga dada una futura ampliación de la infraestructura del colegio.

### **+ Reestructuración de todo el sistema eléctrico del colegio santiago apóstol.**

Es necesario reorganizar el sistema eléctrico del colegio santiago apóstol para que cumpla con las exigencias técnicas del RETIE, además para garantizar que si se realiza una ampliación tenga la capacidad suficiente para no colapsar. Se debe comenzar, instalando una pequeña subestación de energía, dada la carga que presenta actualmente el colegio y que en un futuro se pretende aumentar. Esta subestación deberá tener un transformador independiente, un sistema de protección acorde al sitio donde se instale la subestación.

La subestación no obstante debe una sola línea de alimentación (una sola acometida), esto significa que las actuales acometidas del colegio deben reorganizarse en una sola.

La potencia calculada de todo el sistema es de 47.17KW mensual aproximadamente, como el colegio se cataloga como un usuario comercial, se utilizo para el cálculo del transformador, el 100% como factor de demanda y para prever una futura ampliación del sistema, el 30% de la carga existe, o sea 61.32KW o 61.320VA aproximadamente, como resultado el valor del transformador a instalar debe ser de 75KVA, 13.2KV/220-110V y la acometida debe ser trifásica, tetrafilar con un calibre para las fases numero 6 AWG y 8 AWG para el neutro (NTC2050 230-23). El transformador debe estar colocado en un lugar cerrado, por seguridad (NTC 2050 450-26, parte C), debidamente aterrizado y con los sistemas de protección pertinentes (NTC 2050 450-3).

**+ Implementación de un sistema de protección a tierra:** de acuerdo a la evaluación técnica el sistema eléctrico no cuenta con protección polo a tierra, por lo tanto, no solo esta expuesto a sobre cargas de índole interno si no también externo (rayos), es necesario diseñar y calcular un sistema de malla a tierra cuyo valor sea común a todo el sistema para evitar la creación de armónicos, con fácil acceso para su mantenimiento.

Como el colegio ocupa un área grande, es posible que se necesite colocar varios pararrayos ubicados estratégicamente, esto solo se podrá establecer con un estudio de riesgo contra rayos (NTC 4552, NFPA 780).



## **9. PROPUESTA DE AHORRO ENERGÉTICO A MEDIANO PLAZO PARA EL COLEGIO SANTIAGO APÓSTOL**

Resulta claro, que el sistema de iluminación del colegio santiago apóstol será el foco de estudio para implementar una propuesta de ahorro energético a mediano plazo, debido a que es el principal consumidor energético, influyendo significativamente en la eficiencia energética del sistema eléctrico en general. La propuesta de ahorro energético, busca identificar y cuantificar los siguientes parámetros:

- ✓ Área afectada (salones de clase)
- ✓ Descripción del sistema de iluminación a instalar.
- ✓ Cantidad y calidad de iluminación a instalar.
- ✓ Consumo de energía actual proyectado y ahorro proyectado.
- ✓ Costos de energía, mantenimiento actual y ahorros proyectados.
- ✓ Inversión requerida.
- ✓ Beneficios económicos y energéticos obtenidos
- ✓ Tiempo de retorno de la inversión.

Es necesario para el éxito de esta propuesta, que se complemente con un programa de ahorro energético, el cual involucre a toda la comunidad educativa y pueda establecer alternativas que garanticen, no solo la disminución de los costos por consumo energético, si no también, que permita formar en todas las personas una cultura de ahorro energético, fomentando así, el desarrollo sostenible de la institución.

### **9.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACION A INSTALAR**

Para mejorar la eficiencia energética, reduciendo costos de inversión, se propone cambiar los balastos magnéticos de las lámparas fluorescentes de 39w y 75w, por balastos electrónicos y cambiar total mente las luminarias incandescentes y fluorescentes de precalentamiento, por luminarias fluorescentes compactas (LFC). Las carcasas metálicas de gran parte de las luminarias existentes, se deben acondicionar y reutilizar, solo se introducen la cantidad de lámparas necesaria para mejorar la iluminación en los salones donde se existen deficiencias.

Las características técnicas presentadas por el sistema propuesto, cumplen con las exigencias del mercado actual, en cuanto a iluminación eficiente, resaltando los beneficios que trae instalar luminarias con balastos electrónicos, los cuales presentan menos perdidas, comparados con los balastos magnéticos, esto hace que las luminarias sean mas eficientes y consuman menos energía eléctrica. Las luminarias fluorescentes compactas se caracterizan, por tener gran vida de utilidad y consumo energético bajo (ver anexo 1).

Básicamente el mejoramiento de la iluminación, esta enfocado a la iluminación de los salones de las zonas 1 y 3, debido a que estas son las que presentaron mayor deficiencia de luminiscencia, se aumentan la cantidad de luminarias de acuerdo al calculo realizado, descrito más adelante, sin embargo en las otras zonas se deben acondicionar las luminarias para utilizar balastos electrónicos y cambiar las luminarias incandescentes existentes en su totalidad, por luminarias fluorescentes compactas, con miras de mejorar la eficiencia energética y disminuir el consumo energético.

## **9.2 CANTIDAD Y CALIDAD DEL SISTEMA ILUMINACIÓN A INSTALAR**

Por ser una institución educativa, por norma (RETIE artículo 16), el valor de la luminiscencia mínima en los salones de clase debe ser de 500 lúmenes, pero de acuerdo a las mediciones realizadas con un luxómetro, el valor promedio es de 430 lúmenes, lo que significa que el sistema de iluminación actual no cumple con la norma.

Para garantizar que el sistema propuesto, cumpla no solo con las expectativas de eficiencia energética, si no también con las de iluminación, se elabora un estudio lumino técnico, mediante el cual se determina la cantidad, ubicación y el tipo de luminarias a instalar, para adecuar los salones y en general las instalaciones del colegio. Para ello se miden las áreas, identifican los usos y se observa el color de las paredes, de acuerdo a ello se procede a seleccionar el tipo de luminaria a utilizar.

**9.2.1 Cálculo de la cantidad de luminarias por salón.** Los valores de reflectancia medidos en el colegio son para las paredes (color blanco puro) de 0.8, para el piso (color rojo oscuro) de 0.2 y para el techo (color café rojizo) de 0.6.

- Los salones presentan unas dimensiones de largo 7m, ancho de 5m, la altura del piso al techo es de 2.5 m y la altura del piso al plano de trabajo es de 0.75m.
- El flujo nominal de cada uno de los tubos es de 2950.
- El factor de mantenimiento es de 0.8 par el aso del colegio.

- Las luminarias propuestas, son de sobre poner, cuya referencia es **ITCCCE2T832** (catálogo de Iluminaciones técnicas Ltda.), esta referencia se debe interpretar como sigue:  
**IT**= Iluminaciones Técnicas  
**CCC** = Serie  
**E**= Balasto Electrónico  
**2T832**= Tiene dos tubos fluorescentes T8 de potencia 32w.

Para realizar el cálculo se utilizo el método de las cavidades zonales o método de lumen. A continuación de describirán las ecuaciones empleadas por el método

### **N = Numero teórico de luminarias a determinar o requeridas**

$$N = \frac{E \times L \times W}{f \times n \times m \times U}$$

E = Iluminancia o Nivel de iluminación especificado o requerido

L = Longitud o Largo del recinto

W = Ancho del recinto

f = Flujo lumínico del tubo fluorescente que se desea utilizar

n = Numero de tubos fluorescentes que tiene la luminaria

m = Factor de mantenimiento o coeficiente de depreciación de la luminaria

U = Factor o coeficiente de utilización que se obtiene de la fotometría de la luminaria

### **RCR = Índice de cavidad del recinto**

$$RCR = \frac{5 \times H \times (L + W)}{L \times W}$$

A = Altura del piso al cielo falso o techo del recinto (Altura de montaje)

h = Altura del plano de trabajo del recinto

H = Altura de la cavidad del recinto o altura neta desde el cielo falso o techo al plano de trabajo (Altura útil para calculo)

H = ( A - h )

L = Longitud o Largo del recinto

W = Ancho del recinto

**Tabla 11. Cálculo de luminarias**

Diseño y Calculo del Proyecto de Iluminación (Método de las Cavidades Zonales o Método del Lumen)				
Dimensiones del Recinto (Geoméricamente rectangular)	Longitud o largo	L [ X ] =	7,00	Mts.
	Ancho	W [ Y ] =	5,00	Mts.
	Altura de piso a cielo falso o techo (Altura de montaje)	A [ Z ] =	2,50	Mts.
	Altura del plano de trabajo	h =	0,75	Mts.
	Altura de la cavidad del recinto o altura útil para calculo	H = ( A-h ) =	1,75	Mts.
	Índice de cavidad del recinto	RCR =	3,00	
Factores de Reflexión (Reflectancias)	Cielo falso o techo	pcc =	0,6	
	Paredes	pw =	0,8	
	Piso	pfc =	0,2	
Datos de la Luminaria:	Luminaria fluorescente Ref: CCC-FE 2X2X32W-E1			
	Descripción del tubo fluorescente	GE - F32T8 SP41		
	Numero de tubos fluorescentes que tiene la luminaria	n =	2	Unidades
	Flujo lumínico del tubo fluorescente	f =	2950	Lúmenes
	Flujo lumínico de la luminaria		5900	Lúmenes
	Potencia nominal del tubo fluorescente		32	Wattios
	Consumo nominal de la luminaria		59	Wattios
	Factor de mantenimiento de la luminaria	m =	0,80	
Parámetros Lumínicos	Iluminancia o nivel de iluminación requerido	E =	500	Lux
	Flujo lumínico total requerido		28409	Lúmenes
	Factor o coeficiente de Utilización	U =	0,77	
Resultados	Numero teórico de luminarias requeridas		4,8	Unidades
	Luminarias sugeridas en sentido longitudinal	[ X ] =	2	Unidades
	Luminarias sugeridas en sentido transversal	[ Y ] =	2	Unidades
	Espaciamiento longitudinal sugerido	[ X ] =	0,00	Mts.
	Espaciamiento transversal sugerido	[ Y ] =	2,50	Mts.
	Numero sugerido de luminarias a utilizar en el recinto		4	Unidades
	Iluminancia o nivel de iluminación inicial		519	Lux
	Iluminancia o nivel de iluminación promedio o mantenido		415	Lux
	Potencia nominal por metro cuadrado		6,74	W / Mt2
Numero de luminarias en sentido transversal	Elegido por distribución		2	Unidades

Se obtuvo como resultado, que se deben instalar cuatro luminarias fluorescentes de 2x32 w, balasto electrónico, por salón de clase, para obtener un iluminancia de 500 lúmenes (valor exigido por la norma), lo que significa aumentar la cantidad de luminarias existentes en el sistema de iluminación actual. Por consiguiente, se podría suponer un aumento energético considerable, sin embargo, para garantizar que el sistema propuesto cumpla con las expectativas energéticas y económicas propuestas, es necesario calcular el valor de ahorro energético y económico del sistema de iluminación propuesto y compararlo con el sistema actual. En las figuras 20 y 21, se muestra el tipo de lámparas y balastos que se proponen para mejorar el sistema de iluminación actual.

**Figura 20. Lámpara propuesta referencia CCC-FE 2X2X32W-E1**



**Figura 21. Lámparas fluorescentes compactas y balasto electrónico**



**Fuente: Catálogo de lámparas. Iluminaciones Técnicas Ltda. Santiago de Cali, 2006. 6 p.**

### 9.3 CONSUMO DE ENERGÍA ACTUAL Y AHORRO PROYECTADO

Para determinar el ahorro energético proyectado, se calcula el consumo kwh/m del sistema de iluminación existente en el colegio, luego se compara con el consumo del sistema propuesto, haciendo una estimación del ahorro porcentual. En la siguiente tabla se describe el inventario actual de luminarias instaladas, en el cual se encuentra la cantidad, tipo lámparas existentes en el colegio y calcula el consumo en kwh/m por zonas y total.

**Tabla 12. Inventario de luminarias del colegio santiago apóstol**

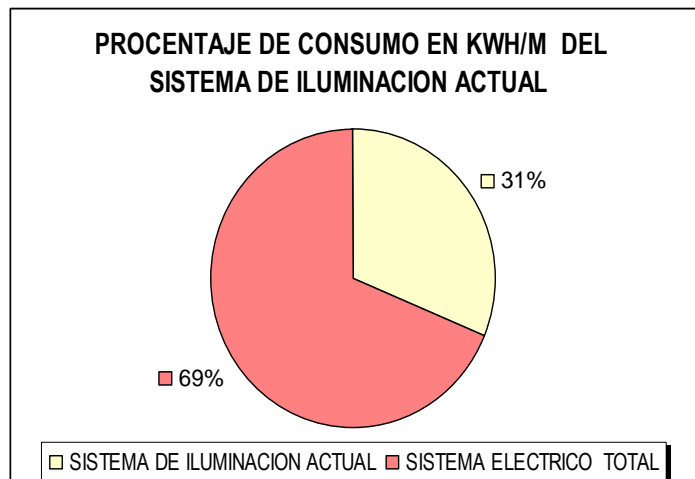
UBICACIÓN	Cantidad de Luminarias								(kW)	HORAS		KWH/M
	2x39w	2x75w	2x20w	1x20w	2x40w	2x32w	100w	400w		D	M	
ZONA1	12	0	0	6	1	0	4	0	1,71	8	192	328
ZONA2	0	3	0	1	0	8	3	2	2,10	3	72	151
ZONA3	10	4	0	3	0	0	1	0	1,71	5	126	215
ZONA4	7	6	0	0	0	0	4	0	1,99	8	192	382
ZONA5	19	4	0	0	0	0	16	2	4,69	3	74	346
ZONA6	19	8	1	0	5	0	0	0	3,48	5	115	399
ZONA7	15	0	1	5	1	0	0	0	1,59	4	96	153
TOTAL	82	25	2	15	7	8	28	4	17	5	124	1975

Analizando la tabla 12, se puede determinar que la iluminación del colegio santiago apóstol, esta conformado por 82 luminarias fluorescentes de 2x39 w, (balasto magnético y encendido instantáneo), 25 luminarias fluorescentes de 2x75w (balasto magnético y encendido instantáneo), 28 luminarias incandescentes (bombillas de 100w), 24 luminarias fluorescente de encendido por precalentamiento (sumadas las de 2x20,1x20w, 2x40), 4 reflectores incandescentes y 8 luminarias fluorescentes de 2x32 (balasto electrónico).

Las luminarias incandescentes presentan una vida útil de 1000 horas aproximadamente y consumen mas energía comparadas con las fluorescentes compactas, por otro lado según estudios realizados, las luminarias fluorescentes de precalentamiento, presentan mayores perdidas en sus balastos, debido a la frecuencia y composición que tienen, lo que las hacen menos eficientes y con mayor consumo energético. A partir del análisis anterior, es necesario reformar el sistema de iluminación para disminuir consumo energético y hacer el sistema eléctrico más eficiente.

El valor del consumo energético del sistema de iluminación del colegio santiago apóstol actual, calculado para el mes de mayo, es 1975 Kwh/m, el valor anual es aproximadamente 23.700kwh/m. En la siguiente grafica se observa que el valor porcentual del consumo energético del sistema de iluminación actual es de 31%, respecto al consumo total con 69%, lo que indica que el sistema de iluminación presenta un alto aporte de consumo con relación a todo el sistema.

**Figura 22. Porcentaje de consumo del sistema actual**



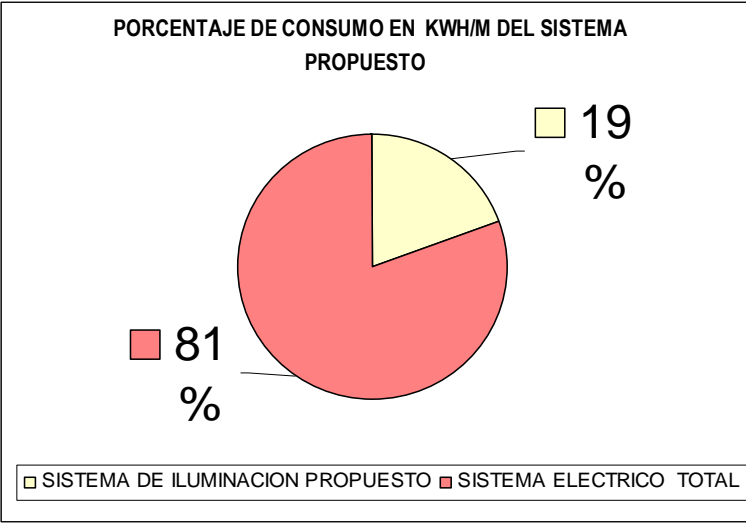
En la tabla13, se puede observar el inventario de las luminarias que se proponen cambiar en las diferentes zonas, para mejorar el sistema de iluminación actual, la cantidad de luminarias aumenta, pero el consumo en kwh/m se encuentra por debajo del consumo del sistema actual, lo que significa que existe un ahorro aún aumentando la cantidad de luminarias por salón.

**Tabla 13. Inventario de luminarias propuesto**

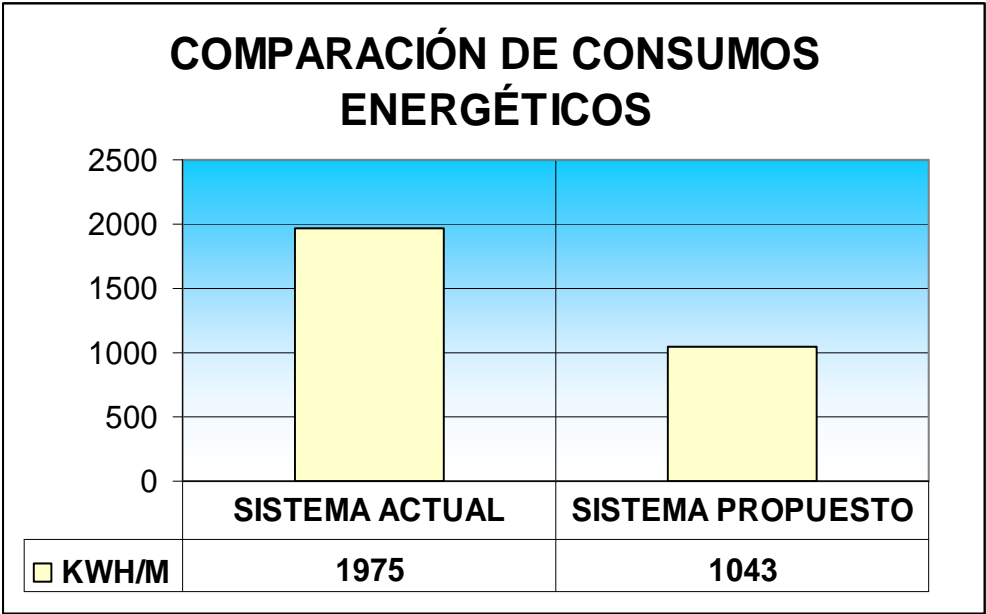
UBICACIÓN	Iluminación Fluorescente				Potencia	HORAS		KWH/M
	2x32w	2x75w	LCFX15W	400w	(kW)	Día	Mes	
ZONA1	27	0	11	0	0,88	8	192	317
ZONA2	8	3	4	2	1,30	3	72	94
ZONA3	20	4	4	0	0,61	5	126	146
ZONA4	7	6	4	0	0,45	8	192	85
ZONA5	19	4	16	2	2,09	3	74	154
ZONA6	24	8	1	0	1,34	5	115	153
ZONA7	16	0	7	0	0,99	4	96	95
TOTAL	121	25	47	4	7,64	5	124	1043

El consumo Kwh/m del sistema propuesto, es 1043 kwh/m y anualmente es de 12.516 kwh/m, lo que significa un ahorro de 48% respecto al sistema actual. Esto se debe a que el sistema propuesto presenta en su mayoría luminarias fluorescentes de balasto electrónico y lámparas fluorescentes compactas de baja potencia, que mejoran la eficiencia energética del sistema. En la figura 17 se observa que el porcentaje de consumo energético demandado por el sistema propuesto es de 19%, respecto al consumo del sistema eléctrico total con 81%.

**Figura 23. Porcentaje de consumo en kwh/m del sistema propuesto**



**Figura 24. Comparación del sistema actual y el propuesto**





Comparando los dos sistemas de iluminación, se puede decir que el sistema propuesto presenta un ahorro energético de 48% y mejora el sistema en general a un 12% lo que quiere decir que es técnicamente eficiente su implementación.

## 9.4 COSTOS OPERATIVOS Y AHORRO PROYECTADO

**9.4.1 Estimación de ahorro e inversión requerida.** Para determinar el valor de ahorro económico que se puede obtener al implementar el sistema propuesto de iluminación, es necesario calcular la inversión que debe hacerse, teniendo en cuenta el tiempo de recuperación de la misma, que para este caso será de tres años, debido a que el tiempo de vida útil de los tubos fluorescentes que se proponen usar en el sistema nuevo, es de tres años aproximadamente.

La inversión requerida para este proyecto solo contempla el valor de los materiales y no la mano de obra, ya que una de las grandes ventajas de la propuesta es utilizar el conocimiento que tiene los estudiantes electricistas del grado 11, para que hagan la implementación de esta propuesta en su tiempo de pasantías.

Los costos presentados a continuación tienen el IVA y pertenecen a uno de los grandes distribuidores de elementos eléctricos de la ciudad (Equipelco), por tal razón es posible que puedan ser modificados de acuerdo al sitio donde se coticen.

**Tabla 14. Inversión requerida**

MATERIALES	POTENCIA	CANT.	VR. UNITARIO	VALOR PARCIAL
Luminaria. Fluorescente	2x32	24	\$ 52.600	\$ 1.262.400
Balasto electrónico	2x75	25	\$ 51.817	\$ 1.295.425
Lámpara LFC	15 W	47	\$ 12.000	\$ 564.000
Juego de soportes	2x32	82	\$ 785	\$ 64.370
Balasto electrónico	2x32	82	\$ 37.500	\$ 3.075.000
			<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 6.261.195</b>

El valor total de la inversión requerida para implementar el nuevo sistema de iluminación es de **\$ 6.261.195 pesos**.

**9.4.2 Costos operativos de iluminación actual.** En las siguientes tablas se calculan los costos por mantenimiento y repuestos del sistema actual y propuesto de iluminación por zonas, teniendo en cuenta la vida útil de los elementos instalados, la cantidad, el promedio de reemplazo anual y el costo unitario de los accesorios y tubos.

**Tabla 15. Costos operativos del sistema actual, zona 1**

<b>ZONA 1</b>	<b>Fluorescente</b>						<b>Incandescente</b>	
	2x39w	2x75	2x20w	1x20w	2x40w	2x32	100w	400w
Cantidad	12	0	0	6	1	0	4	0
Vida Útil Bombilla	4000	0	0	4000	4000	0	1000	0
Vida Útil Accesorio	40000	0	0	40000	40000	0	0	0
Cantidad Bombillo. Reemplaza/Año	17,52	0	0	8,76	0,73	0	11,68	0
Cantidad accesorio Reemplaza/Año	0,876	0	0	0,438	0,073	0	0	0
Costo Accesorio.	\$ 28.850	0	0	\$ 3.950	\$ 24.273	0	\$ 0	0
Costo Bombilla	\$ 3.800	0	0	\$ 3.076	\$ 3.800	0	\$ 1.200	0
Valor. Unitario M/O	\$ 5.000	0	0	\$ 5.000	\$ 5.000	0	\$ 1.500	0
Costo Repuestos	\$ 91.849	0	0	\$ 28.676	\$ 4.546	0	\$ 14.016	0
Costo M/O	\$ 91.980	0	0	\$ 45.990	\$ 4.015	0	\$ 17.520	0
Costo Parcial Mantenimiento	\$ 183.829	0	0	\$ 74.666	\$ 8.561	0	\$ 31.536	0
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 298.591</b>		<b>COSTO REPUESTOS:</b>		<b>\$ 139.086</b>	<b>COSTO M/O:</b>	<b>\$ 159.505</b>	

**Tabla 16. Costos operativos del sistema actual, zona 2**

<b>ZONA 2</b>	<b>Fluorescente</b>						<b>Incandescente</b>	
	2x39w	2x75w	2x20w	1x20w	2x40w	2x32w	100w	400w
Cantidad	0	3	0	1	0	8	3	2
Vida Útil Bombilla	0	4000	0	4000	0	24000	1000	2000
Vida Útil Accesorio	0	40000	0	40000	0	100000	0	0
Cantidad Bombillo. Reemplaza/Año	0	1,64	0	0,27	0	0,73	3,29	1,10
Cantidad accesorio Reemplaza/Año	0	0,08	0	0,03	0	0,09	0,00	0
Costo Accesorio. Eléctrico.	0	\$ 33.056	0	\$ 3.950	0	\$ 43.500	\$ 0	\$ 0
Costo Bombilla	0	\$ 4.500	0	\$ 3.076	0	\$ 3.600	\$ 1.200	\$ 7.500
Valor. Unitario M/O	0	\$ 5.000	0	\$ 5.000	0	\$ 5.000	\$ 1.500	\$ 6.000
Costo Repuestos	0	\$ 10.106	0	\$ 950	0	\$ 6.439	\$ 3.942	\$ 8.213
Costo M/O	0	\$ 8.623	0	\$ 1.506	0	\$ 4.088	\$ 4.928	\$ 6.570
Costo Parcial Mantenimiento	0	\$ 18.729	0	\$ 2.456	0	\$ 10.527	\$ 8.870	\$ 14.783
<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 55.364</b>		<b>COSTO REPUESTOS:</b>		<b>\$ 29.649</b>	<b>COSTO M/O:</b>	<b>\$ 25.714</b>	

**Tabla 17. Costos operativos del sistema actual, zona 3**

ZONA 3		Fluorescente					Incandescente		
		2x39w	2x75w	2x20 w	1x20w	2x40w	2x32 w	100w	400w
Cantidad		10	4	0	3	0		1	0
Vida Útil Bombilla		4000	4000	0	4000	0	0	1000	0
Vida Útil Accesorio		40000	40000	0	40000	0	0		0
Cantidad Bombillo. Reemplaza/Año		9,58	3,83	0	1,44	0	0	1,92	0
Cantidad accesorio Reemplaza/Año		0,48	0,19	0	0,14	0	0	0,00	0
Costo Accesorio. Eléctrico.		\$ 28.850	\$ 33.056	0	3950	0	0		0
Costo Bombilla		\$ 3.800	\$ 24.000	0	\$ 3.076	0	0	\$ 1.200	0
Valor. Unitario M/O		\$ 5.000	\$ 4.500	0	\$ 5.000	0	0	\$ 1.500	0
Costo Repuestos		\$ 50.230	\$ 98.314	0	\$ 4.988	0	0	\$ 2.300	0
Costo M/O		\$ 50.302	\$ 18.109	0	\$ 7.905	0	0	\$ 2.874	0
Costo Parcial Mantenimiento		\$ 100.531	\$ 116.423	0	\$ 12.893	0	0	\$ 5.174	0
TOTAL	\$ 235.021		COSTO REPUESTOS:		\$ 155.832	COSTO M/O:		\$ 79.189	

**Tabla 18. Costos operativos del sistema actual, zona 4**

ZONA 4	Fluorescente						Incandescente	
	2x39w	2x75w	2x20w	1x20w	2x40w	2x32w	100w	400w
Cantidad	7	6	0	0	0	0	4	0
Vida Útil Bombilla	4000	4000	0	0	0	0	1000	0
Vida Útil Accesorio	40000	40000	0	0	0	0		0
Cantidad Bombillo. Reemplaza/Año	10,22	8,76	0	0	0	0	11,68	0
Cantidad accesorio Reemplaza/Año	0,51	0,44	0	0	0	0		0
Costo Accesorio. Eléctrico.	\$ 28.850	\$ 33.056	0	0	0	0		0
Costo Bombilla	\$ 3.800	\$ 4.500	0	0	0	0	\$ 1.200	0
Valor. Unitario M/O	\$ 5.000	\$ 4.500	0	0	0	0	\$ 1.500	0
Costo Repuestos	\$ 53.578	\$ 53.899	0	0	0	0	\$ 14.016	0
Costo M/O	\$ 53.655	\$ 41.391	0	0	0	0	\$ 17.520	0
Costo Parcial Mantenimiento	\$ 107.233	\$ 95.290	0	0	0	0	\$ 31.536	0
TOTAL:	\$ 234.059		COSTO REPUESTOS:		\$ 121.493	COSTO M/O:		\$112.566

**Tabla 19. Costos operativos del sistema actual, zona 5**

<b>ZONA 5</b>	<b>Fluorescente</b>						<b>Incandescente</b>	
	2x39w	2x75w	2x20w	1x20w	2x40w	2x32w	100w	400w
Cantidad	19	4	0	0	0	0	16	2
Vida Útil Bombilla	4000	4000	0	0	0	0	1000	2000
Vida Útil Accesorio	40000	40000	0	0	0	0	0	0
Cantidad Bombillo. Reemplaza/Año	10,65	2,24	0	0	0	0	17,94	1,12
Cantidad accesorio Reemplaza/Año	0,53	0,11	0	0	0	0	0	0
Costo Accesorio. Eléctrico.	\$ 28.580	\$ 33.056	0	0	0	0	\$ 0	0
Costo Bombilla	\$ 3.800	\$ 4.500	0	0	0	0	\$ 1.200	\$ 7.500
Valor. Unitario M/O	\$ 5.000	\$ 4.500	0	0	0	0	\$ 1.500	\$ 6.000
Costo Repuestos	\$ 55.690	\$ 13.795	0	0	0	0	\$ 21.525	\$ 8.408
Costo M/O	\$ 55.913	\$ 10.594	0	0	0	0	\$ 26.906	\$ 6.726
Costo Parcial Mantenimiento	\$ 111.603	\$ 24.390	0	0	0	0	\$ 48.430	\$ 15.134
<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 199.558</b>		<b>COSTO REPUESTOS:</b>		<b>\$ 99.418</b>	<b>COSTO M/O:</b>		<b>\$ 100.140</b>

**Tabla 20. Costos operativos del sistema actual, zona 6**

<b>ZONA 6</b>	<b>Fluorescente</b>						<b>Incandescente</b>	
	2x39w	2x75w	2x20w	1x20w	2x40w	2x32w	100w	400w
Cantidad	19	8	1	0	5	0	0	0
Vida Útil Bombilla	4000	4000	4000	0	4000	0	0	0
Vida Útil Accesorio	40000	40000	40000	0	40000	0	0	0
Cantidad Bombillo. Reemplaza/Año	16,57	6,98	0,44	0	2,18	0	0	0
Cantidad accesorio Reemplaza/Año	0,83	0,35	0,03	0	0,22	0	0	0
Costo Accesorio. Eléctrico.	\$ 28.580	\$ 33.056	\$ 8.950	0	\$ 24.273	0	0	0
Costo Bombilla	\$ 3.800	\$ 24.000	\$ 3.076	0	\$ 3.800	0	0	0
Valor. Unitario M/O	\$ 5.000	\$ 4.500	\$ 5.000	0	\$ 5.000	0	0	0
Costo Repuestos	\$ 86.629	\$ 178.943	\$ 1.626	0	\$ 13.575	0	0	0
Costo M/O	\$ 86.976	\$ 32.960	\$ 2.339	0	\$ 11.989	0	0	0
Costo Parcial Mantenimiento	\$ 173.605	\$ 211.902	\$ 3.964	0	\$ 25.564	0	0	0
<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 415.035</b>		<b>COSTO REPUESTOS:</b>		<b>\$ 280.771</b>	<b>COSTO M/O:</b>		<b>\$ 134.264</b>

**Tabla 21. Costos operativos del sistema actual, zona 7**

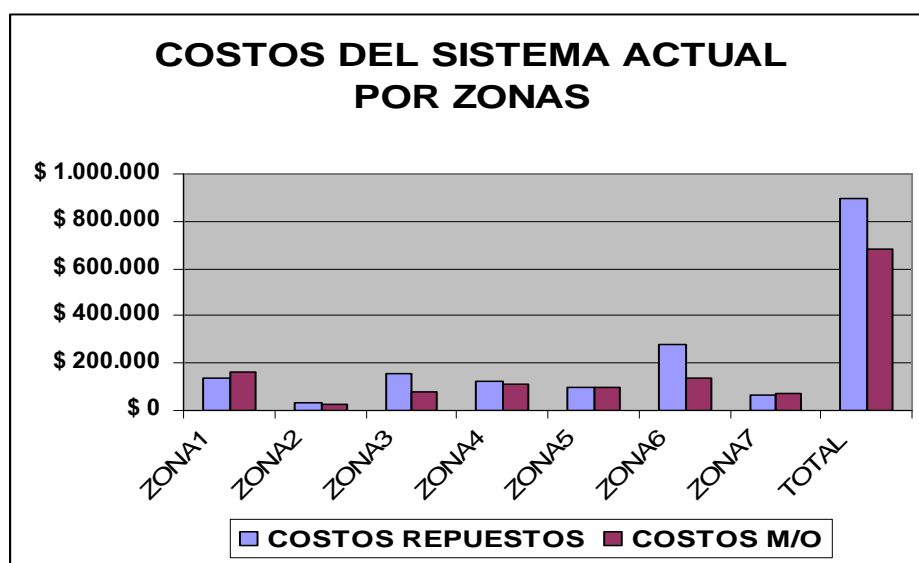
ZONA 7	Fluorescente						Incandescente	
	2x39w	2x75w	2x20w	1x20w	2x40w	2x32w	100w	400w
Cantidad	15	0	1	5	1	0	0	0
Vida Útil Bombilla	4000	0	4000	4000	4000	0	0	0
Vida Útil Accesorio	40000	0	40000	40000	40000	0	0	0
Cantidad Bombillo.	10,95	0	0,37	1,83	0,37	0	0	0
Cantidad accesorio	0,55	0	0,01	0,18	0,04	0	0	0
Costo Accesorio.	\$ 28.580	0	\$ 8.950	\$ 3.950	\$ 24.273	0	0	0
Costo Bombilla	\$ 3.800	0	\$ 3.076	\$ 3.076	\$ 3.800	0	0	0
Valor. Unitario M/O	\$ 5.000	0	\$ 5.000	\$ 5.000	\$ 5.000	0	0	0
Costo Repuestos	\$ 57.258	0	\$ 1.253	\$ 6.335	\$ 2.273	0	0	0
Costo M/O	\$ 57.488	0	\$ 1.898	\$ 10.038	\$ 2.008	0	0	0
Costo Parcial Mantenimiento	\$ 114.745	0	\$ 3.150	\$ 16.372	\$ 4.280	0	0	0
<b>TOTAL:</b>	<b>\$ 138.548</b>		<b>COSTO REPUESTOS:</b>		<b>\$ 67.118</b>	<b>COSTO M/O:</b>		<b>\$ 71.430</b>

El costo total por concepto de mantenimiento anual es \$ **1.576.175** pesos

El costo total por concepto de repuestos eléctricos es \$ **893.367** pesos

El costo total por concepto de mantenimiento es \$ **682.808** pesos

**Figura 24. Costos operativos por zonas del sistema actual de iluminación**



### 9.4.3 Estimación de costos operativos del sistema propuesto

**Tabla 22. Costos operativos del sistema propuesto, zona 1**

<b>ZONA 1</b>	<b>2x32w</b>	<b>2x75w</b>	<b>LCFX15W</b>
Cantidad	27	0	11
Vida Útil Bombilla	24000	0	12000
Vida Útil Accesorio Eléctrico	100000	0	0
Cantidad de Bombillas. Reemplaza por Año	6,57	0	5,35
Cantidad Accesorios Eléctricos. Reemplaza por Año	0,79	0	0,00
Costo Accesorios Eléctricos.	\$ 43.500	0	\$ 0
Costo Bombilla	\$ 3.600	0	\$ 12.000
Valor. Unitario M/O	\$ 5.000	0	\$ 2.000
Costo Repuestos	\$ 57.947	0	\$ 64.240
Costo M/O	\$ 36.792	0	\$ 10.707
Costo Parcial Mantenimiento	\$ 94.739	0	\$ 74.947
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 169.686</b>	<b>COSTO REPUESTOS: \$ 122.187</b>	<b>COSTO M/O: \$ 47.499</b>

**Tabla 23. Costos operativos del sistema propuesto, zona 2**

<b>ZONA 2</b>	<b>2x32w</b>	<b>2x75w</b>	<b>LCFX15W</b>
Cantidad	8	3	4
Vida Útil Bombilla	24000	24000	12000
Vida Útil Accesorio Eléctrico	100000	100000	0
Cantidad Bombilla. Reemplaza/Año	0,73	0,27	0,73
Cantidad Accesorio Eléctrico. Reemplaza/Año	0,09	0,03	0,00
Costo Accesorio. Eléctrico.	\$ 43.500	\$ 43.500	\$ 0
Costo Bombilla	\$ 3.600	\$ 4.500	\$ 12.000
Valor. Unitario M/O	\$ 5.000	\$ 5.000	\$ 2.000
Costo Repuestos	\$ 6.439	\$ 2.661	\$ 8.760
Costo M/O	\$ 4.088	\$ 1.533	\$ 1.460
Costo Parcial Mantenimiento	\$ 10.527	\$ 4.194	\$ 10.220
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 24.940</b>	<b>COSTO REPUESTOS: \$ 17.859</b>	<b>COSTO M/O: \$ 7.081</b>

**Tabla 24. Costos operativos del sistema propuesto, zona 3**

<b>ZONA 3</b>	<b>2x32w</b>	<b>2x75w</b>	<b>LCFX15W</b>
Cantidad	10	4	4
Vida Útil Bombilla	24000	24000	12000
Vida Útil Accesorio Eléctrico	100000	100000	0
Cantidad de Bombillas. Reemplaza por Año	3,19	0,64	1,28
Cantidad Accesorios Eléctricos. Reemplaza por Año	0,38	0,08	0,08
Costo Accesorios Eléctricos.	\$ 43.500	\$ 43.500	\$ 0
Costo Bombilla	\$ 3.600	\$ 4.500	\$ 12.000
Valor. Unitario M/O	\$ 5.000	\$ 5.000	\$ 2.000
Costo Repuestos	\$ 28.169	\$ 6.209	\$ 15.330
Costo M/O	\$ 17.885	\$ 3.577	\$ 2.708
Costo Parcial Mantenimiento	\$ 46.054	\$ 9.786	\$ 18.038
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 64.092</b>	<b>COSTO REPUESTOS: \$ 49.708</b>	<b>COSTO M/O: \$ 24.170</b>

**Tabla 25. Costos operativos del sistema propuesto, zona 4**

<b>ZONA 4</b>	<b>2x32w</b>	<b>2x75w</b>	<b>LCFX15W</b>
Cantidad	7	6	4
Vida Útil Bombilla	24000	24000	12000
Vida Útil Accesorio Eléctrico	100000	100000	0
Cantidad de Bombillas. Reemplaza por Año	1,70	1,46	1,95
Cantidad Accesorios Eléctricos. Reemplaza por Año	0,20	0,18	0,00
Costo Accesorios Eléctricos.	\$ 43.500	\$ 43.500	\$ 0
Costo Bombilla	\$ 3.600	\$ 4.500	\$ 12.000
Valor. Unitario M/O	\$ 5.000	\$ 5.000	\$ 2.000
Costo Repuestos	\$ 15.023	\$ 14.191	\$ 23.360
Costo M/O	\$ 9.539	\$ 8.176	\$ 3.893
Costo Parcial Mantenimiento	\$ 24.562	\$ 22.367	\$ 27.253
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 51.815</b>	<b>COSTO REPUESTOS: \$ 52.575</b>	<b>COSTO M/O: \$ 21.608</b>

**Tabla 26. Costos operativos del sistema propuesto, zona 5**

<b>ZONA 5</b>	<b>2x32w</b>	<b>2x75w</b>	<b>LCFX15W</b>
Cantidad	19	4	16
Vida Útil Bombilla	24000	24000	12000
Vida Útil Accesorio Eléctrico	100000	100000	0
Cantidad de Bombillas. Reemplaza por Año	1,78	0,37	0
Cantidad Accesorios Eléctricos. Reemplaza por Año	0,21	0,14	0
Costo Accesorios Eléctricos.	\$ 43.500	\$ 43.500	\$ 0
Costo Bombilla	\$ 3.600	\$ 4.500	\$ 12.000
Valor. Unitario M/O	\$ 5.000	\$ 5.000	\$ 2.000
Costo Repuestos	\$ 15.656	\$ 7.750	\$ 0
Costo M/O	\$ 9.940	\$ 2.566	\$ 0
Costo Parcial Mantenimiento	\$ 25.596	\$ 10.316	\$ 0
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 25.596</b>	<b>COSTO REPUESTOS: \$ 23.406</b>	<b>COSTO M/O: \$ 12.506</b>

**Tabla 27. Costos operativos del sistema propuesto, zona 6**

<b>ZONA 6</b>	<b>2x32w</b>	<b>2x75w</b>	<b>LCFX15W</b>
Cantidad	24	8	1
Vida Útil Bombilla	24000	24000	12000
Vida Útil Accesorio Eléctrico	100000	100000	0
Cantidad de Bombillas. Reemplaza por Año	3,49	1,16	0,00
Cantidad Accesorios Eléctricos. Reemplaza por Año	0,42	0,14	0,00
Costo Accesorios Eléctricos.	\$ 43.500	\$ 43.500	\$ 0
Costo Bombilla	\$ 3.600	\$ 4.500	\$ 12.000
Valor. Unitario M/O	\$ 5.000	\$ 5.000	\$ 2.000
Costo Repuestos	\$ 30.762	\$ 11.300	\$ 0
Costo M/O	\$ 19.532	\$ 6.511	\$ 0
Costo Parcial Mantenimiento	\$ 50.294	\$ 17.811	\$ 0
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 50.294</b>	<b>COSTO REPUESTOS: \$ 42.063</b>	<b>COSTO M/O: \$ 26.042</b>



**Tabla 28. Costos operativos del sistema propuesto, zona 7**

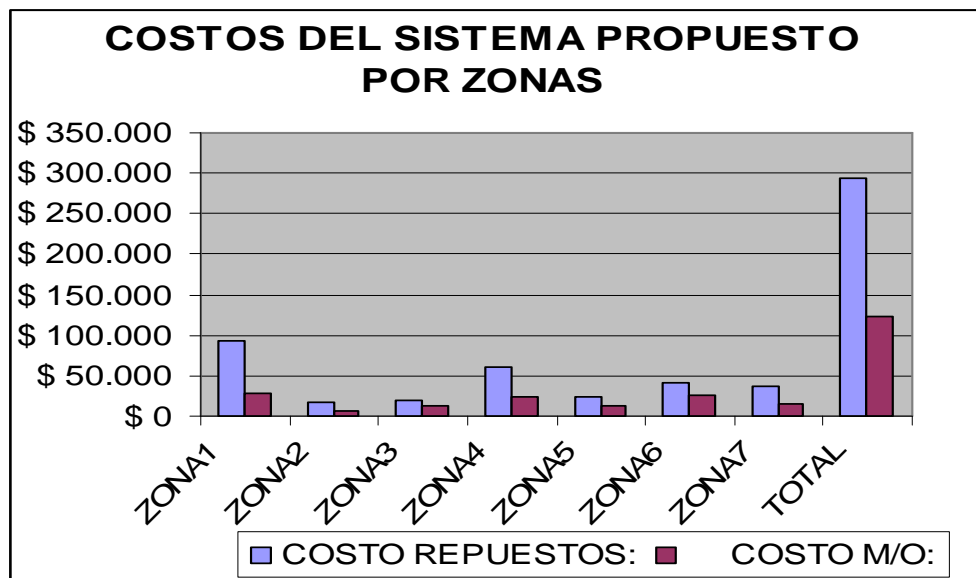
<b>ZONA 7</b>	<b>2x32w</b>	<b>2x75w</b>	<b>LCFX15W</b>	
Cantidad	16	0	7	
Vida Útil Bombilla	24000	24000	12000	
Vida Útil Accesorio Eléctrico	100000	100000	0	
Cantidad de Bombillas. Reemplazas por Año	1,94	0	1,70	
Cantidad Accesorios Eléctricos. Reemplaza por Año	0,23	0	0	
Costo Accesorios Eléctricos.	\$ 43.500	\$ 43.500	\$ 0	
Costo Bombilla	\$ 3.600	\$ 4.500	\$ 12.000	
Valor. Unitario M/O	\$ 5.000	\$ 5.000	\$ 2.000	
Costo Repuestos	\$ 17.170	\$ 0	\$ 20.440	
Costo M/O	\$ 10.901	\$ 0	\$ 3.407	
Costo Parcial Mantenimiento	\$ 28.071	\$ 0	\$ 23.847	
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 51.918</b>	<b>COSTO REPUESTOS:</b>	<b>\$ 37.610</b>	<b>COSTO M/O:</b> \$ 14.308

El costo total por concepto de mantenimiento anual es **\$ 494.030** pesos

El costo total por concepto de repuestos eléctricos es **\$ 341.289** pesos

El costo total por concepto de mantenimiento es **\$ 152.741** pesos

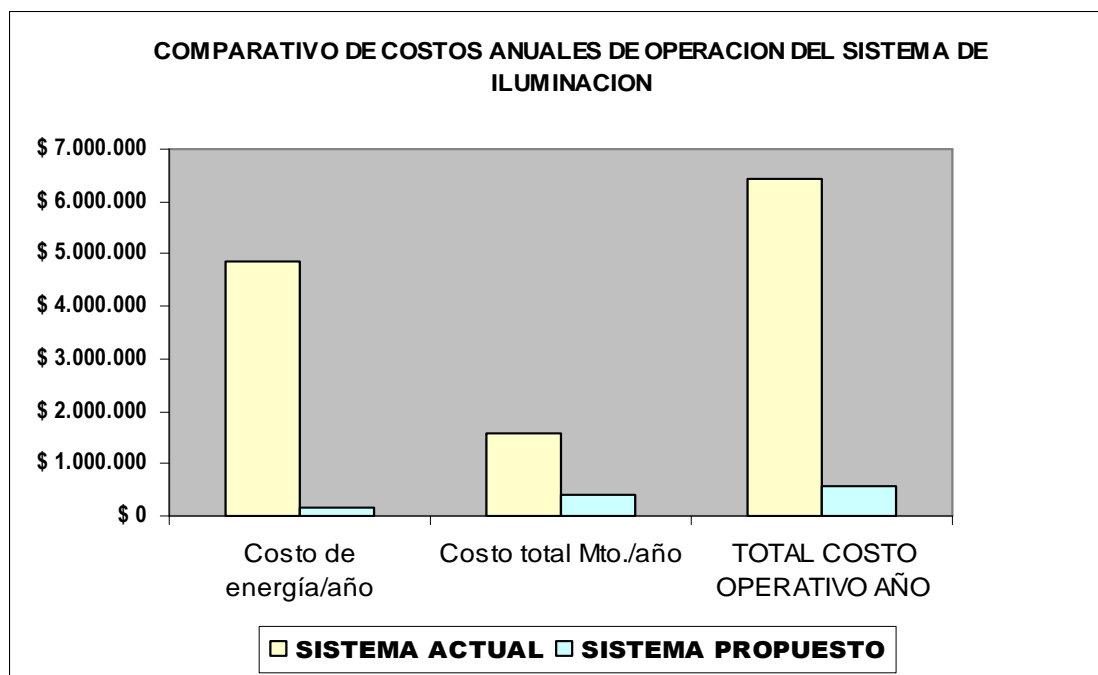
**Figura 25. Costos operativos del sistema de iluminación propuesto**



**Tabla 29. Análisis comparativo de costos operativos de los sistemas**

AÑOS	SISTEMA ACTUAL			SISTEMA PROPUESTO		
	1	2	3	1	2	3
COSTO DE LA ENERGÍA						
KWh/año	23.700	23.700	23.700	12.516	12.516	12.516
\$ KWh	\$ 205	\$ 236	\$ 271	\$ 205	\$ 236	\$ 271
Costo de energía/año	\$ 4.858.500	\$ 5.587.275	\$ 6.425.366	\$ 2.565.780	\$ 2.950.647	\$ 3.393.244
COSTO ACUMULADO DE ENERGÍA			\$ 16.871.141	\$ 8.909.671		
COSTOS DE MTO.						
Mat. elec. de reposición	\$ 893.367	\$ 1.027.373	\$ 1.181.478	\$ 341.289	\$ 392.483	\$ 451.355
M/O del Mto.	\$ 682.808	\$ 785.229	\$ 903.014	\$ 152.741	\$ 175.652	\$ 202.000
Costo total Mto./año	\$ 1.576.175	\$ 1.812.602	\$ 2.084.492	\$ 494.030	\$ 568.135	\$ 653.355
COSTO ACUMULADO DE MANTENIMIENTO			\$ 5.473.269	\$ 1.715.519		
TOTAL COSTO OPERATIVO AÑO	\$ 6.434.675	\$ 7.399.877	\$ 8.509.858	\$ 3.059.810	\$ 3.518.782	\$ 4.046.599
ACUMULADO			\$ 22.344.411	\$ 10.625.191		

**Figura 26. Comparación de costos anuales de los sistemas**



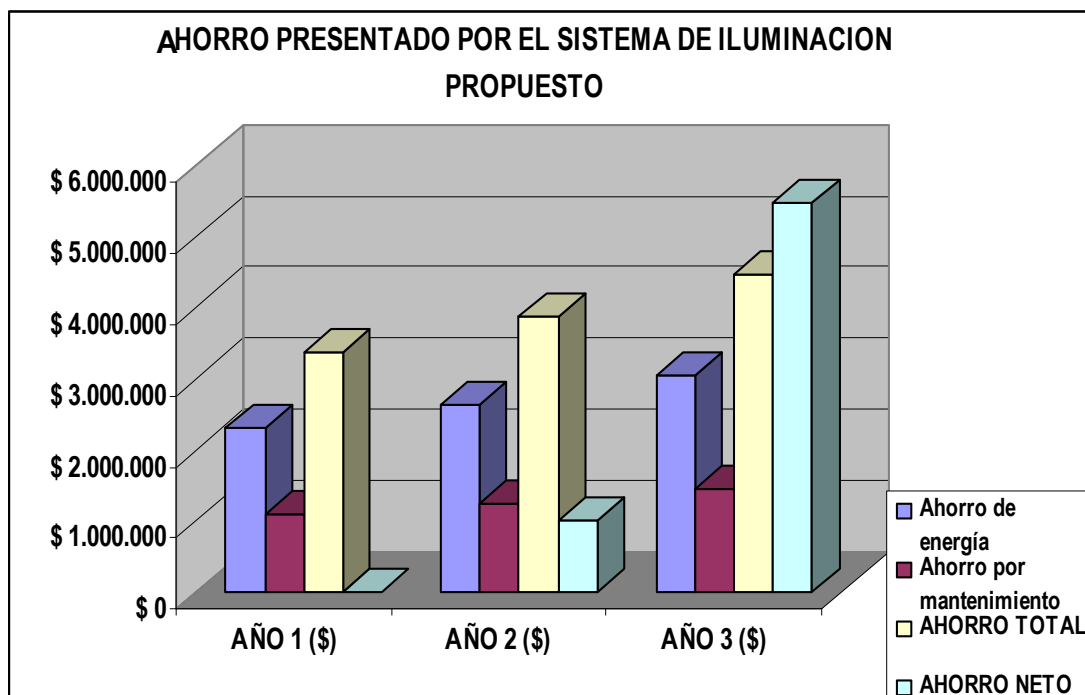
## 9.5 BENEFICIOS ECONÓMICOS Y ENERGÉTICOS OBTENIDOS

**9.5.1 Cálculo de ahorro económico del sistema propuesto.** Con los valores obtenidos de costos operativos, se calcula el ahorro económico obtenido a lo largo de tres años para implementar el sistema de iluminación propuesto, además de calcular en cuanto tiempo se recupera la inversión realizada.

**Tabla 30. Cálculo de ahorro económico**

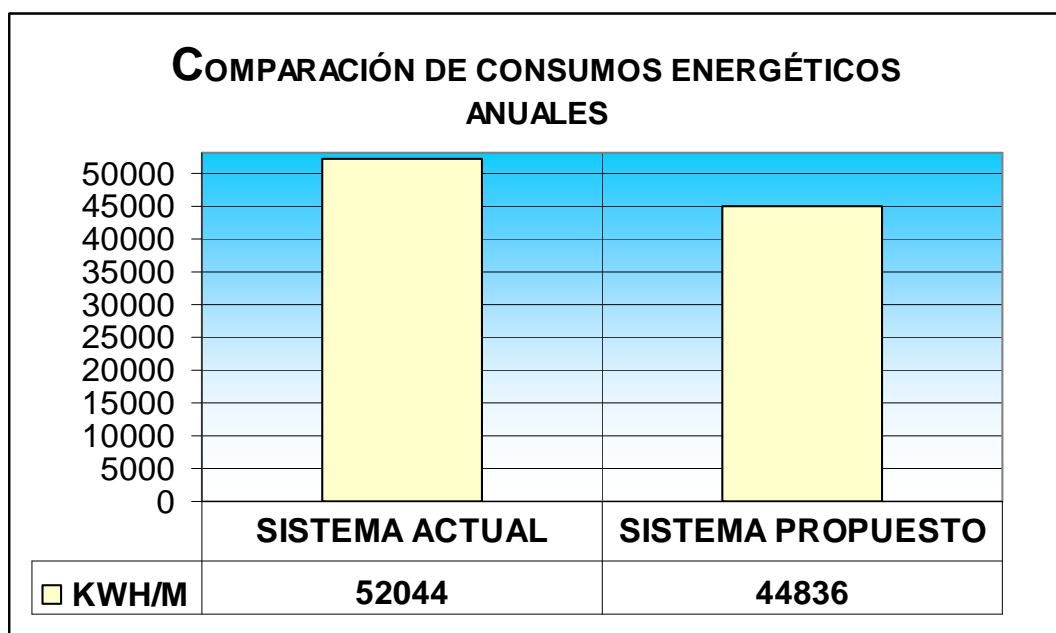
TIEMPO PROYECTADO	AÑO 1 (\$)	AÑO 2 (\$)	AÑO 3 (\$)
Ahorro de energía	\$ 2.292.720	\$ 2.636.628	\$ 3.032.122
Ahorro por mantenimiento	\$ 1.082.145	\$ 1.244.467	\$ 1.431.137
<b>AHORRO TOTAL</b>	<b>\$ 3.374.865</b>	<b>\$ 3.881.095</b>	<b>\$ 4.463.259</b>
Inversión	\$ 6.261.195		
Ahorro Neto	-\$ 2.886.330	\$ 3.881.095	\$ 4.463.259
<b>AHORRO NETO ACUMULADO</b>	<b>-\$ 2.886.330</b>	<b>\$ 994.766</b>	<b>\$ 5.458.025</b>
Tiempo Simple de Recuperación	6	meses	

**Figura 27. Ahorro económico del sistema de iluminación propuesto**



Se puede concluir que el sistema de iluminación propuesto presenta un ahorro de costo por consumo energético acumulado de % 48 en relación al sistema actual, en relación al costo acumulado por mantenimiento es de 68% y por costos operativos acumulados es de 52%, lo que se puede observar en la figura 27. El consumo energético anual implementando el sistema propuesto es de 40.836 Kwh/m, mientras que el consumo actual anual del sistema es de 52.044Kh/m, lo que significa un ahorro energético de 21%.Figura 27

**Figura 28. Ahorro energético del sistema de iluminación propuesto**



El tiempo de recuperación para la inversión es de 6 meses, lo que quiere decir que el desarrollo del proyecto como tal, puede ser viable a corto plazo, sin embargo hay que clarificar que el presente diagnostico plantea que este proyecto, solo tendría éxito, una vez se hallan realizado todas las adecuaciones técnicas del sistema eléctrico que se recomiendan en este diagnostico a partir del RETIE.

## **10. RECOMENDACIONES PARA IMPLEMENTAR UN PLAN DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN EL COLEGIO SANTIAGO APÓSTOL**

En la actualidad es de gran preocupación a nivel mundial la formación de una cultura ambiental en la comunidad, que facilite el desarrollo sostenible de los países, es decir, es el desarrollo social, cultural y económico proyectado, dando un uso eficiente y con racionalidad a los recursos como el agua y la energía eléctrica. En Europa esta problemática ha llevado a los centros educativos a implementar estrategias que permitan motivar a los estudiantes y en general a la comunidad educativa a desarrollar proyectos ambientales, donde se resalta la importancia del ahorro energético y la innovación de tecnologías que no perjudiquen el medio ambiente.

Las ecoauditorías hacen parte de estas estrategias de educación ambiental, siendo instrumentos que sirven para evaluar la gestión medio ambiental de los centros educativos. En ellas se evalúa las implicaciones ambientales que tienen el gasto del agua, consumo de la energía eléctrica y control de los residuos en el centro educativo. Desde el punto de vista energético las eco auditorías implementan un plan de ahorro de energía eléctrica, a partir de un diagnóstico previo realizado al centro educativo, el cual permite reconocer los puntos de desperdicio energético, lo importante es la interacción de los diferentes actores de la comunidad educativa, tanto los estudiantes, como profesores, padres de familia y la misma comunidad que se involucren de manera activa a este proceso de formación.

En el colegio santiago apóstol existe un proyecto de medio ambiente, el cual tiene como funciones fomentar una cultura ambiental, a partir de actividades relacionadas con el control de los residuos y el buen uso del agua, sin embargo en cuanto al consumo de energía eléctrica aún no existe un plan de acciones para mejorarlo. Partiendo de las experiencias vividas en la comunidad europea, en cuanto a educación ambiental, se recomienda elaborar un proyecto ambiental que involucre a toda la comunidad educativa en la consecución de ecoauditorías en el colegio, como soporte del plan educativo ambiental institucional existente. Sin embargo este trabajo haría parte de otro estudio diferente al propuesto.

Como complemento de las actividades que se están realizando por parte del proyecto de medio ambiente, se propone, implementar un plan de gestión energética, a partir del diagnóstico desarrollado en este documento, con el fin de disminuir el consumo energético actual. Para asignar las diferentes actividades, se toman criterios tales como, la disposición de tiempo de los estudiantes por grados, el grado de madurez y responsabilidad de acuerdo a las edades, la participación activa de profesores, administración, estudiantes, padres de familia, la optimización de los recursos didácticos y económicos con que se pueden contar.

A partir de estos criterios se realizan las siguientes recomendaciones para dar inicio al plan de gestión eficiente energético en el colegio. Los estudiantes en el grado 10, deben disponer 80 horas al servicio de la comunidad, llamadas horas de alfabetización, como requisito del ministerio de educación para su grado. Aprovechando este tiempo, se propone que un grupo de estos estudiantes, elabore y ejecute un cronograma de actividades de sensibilización (obras teatrales, foros, seminarios, etc., por ejemplo) para los grados inferiores, referente al ahorro energético e implementación de nuevas tecnologías para uso adecuado de la energía eléctrica.

Teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos por los estudiantes de grado 11 en las asignaturas de sistemas, electricidad y matemáticas a través toda la formación académica y que los deben realizar un trabajo de grado (monografía) se propone, con un grupo de estudiantes, elaborar un estudio estadístico energético, a partir de una base de datos de consumo energético, a partir de la medición mensual de los diferentes sistemas consumidores del colegio, con la finalidad de establecer un mecanismo de seguimiento del consumo del sistema y poder así evaluar si las medidas tomadas de ahorro energético esta sirviendo a no.

Los estudiantes en el grado 11, además de presentar una monografía, para optar su grado, deben de realizar una pasantía en una empresa, donde aplican todos los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación técnica, ya sea en electricidad, electrónica, o mecánica. Lo que se pretende es aprovechar este tiempo de pasantías de un grupo de estudiantes para que en colaboración con el grupo del estudio estadístico energético, realicen la adecuación del sistema eléctrico del colegio, mejorando las instalaciones eléctricas (cambio del sistema de iluminación actual), teniendo en cuenta las recomendaciones hechas en el presente diagnóstico.

En cuanto a las directivas, pueden colaborar brindando los espacios de tiempo requeridos para las actividades, permitiendo el acceso a la información de recibos energéticos y motivando constantemente a todo el personal a participar en el desarrollo del plan. Para los profesores se propone organizar jornadas de capacitación en educación ambiental, con énfasis en eficiencia energética, brindadas por universidades o entidades como la CVC, EMCALI entre otras involucradas con el tema de ahorro energético.

Para los grados inferiores (primaria), se proponen desarrollar jornadas de capacitación en buenos hábitos de consumo de energía, mediante talleres didácticos, concursos, espectáculos, teniendo en cuenta las edades.

## 11. CONCLUSIONES

- El sistema eléctrico del colegio santiago apóstol necesita una reestructuración general, ya que no cumple con muchas de las normas establecidas por el RETIE, para realizar una ampliación significativa, sin que pueda presentar problemas técnicos más adelante.
- Debido a que el colegio santiago apóstol no cuenta en la actualidad con un medidor de energía eléctrica, se realizó el cálculo de consumo kwh/m actual del sistema, mediante el registro del consumo kwh/m (kilo- wattio- hora por mes) de los equipos instalados, para el mes de mayo y para todo el año. El sistema de mayor consumo energético anual en el colegio santiago apóstol, es el de iluminación con 23.700 kwh/m, en segundo lugar, esta el sistema de climatización con 14.628 kwh/m y 13.692 kwh/m que corresponde a los tomas. En total el consumo total anual de 52.044kwh/m.
- El costo por consumo energético del año 2005, fue de \$ 5.479.722 pesos, referente a un promedio histórico de 1.890kwh/m establecido desde hace varios años atrás, por convenio con EMCALI; si se aplica la normatividad eléctrica actual, el colegio debe colocar un medidor de energía eléctrica y el costo calculado con la tarifa actual, tendría un valor aproximado de \$10.669.020 pesos, lo que implica un aumento de 49%. Con el fin de disminuir este consumo energético, se propone la implementación de un plan de ahorro energético, que se pueda desarrollar a medio plazo, el cual comienza con la implementación de un nuevo sistema de iluminación.
- Para determinar las características técnicas apropiadas del nuevo sistema de iluminación, se realizó un estudio lumino técnico a las instalaciones del colegio, el cual determino, que el sistema nuevo, debe de cumplir con la norma RETIE (Artículo 16), la cual exige, tener en los salones de clase como mínimo 500 lúmenes de luminiscencia y mejorar la eficiencia en general del sistema de iluminación actual. Para lograr tal cometido, es necesario instalar cuatro luminarias fluorescentes de 2x32 w, balasto electrónico y reemplazar todas las luminarias incandescentes existentes, por luminarias fluorescentes compactas, además se debe acondicionar las luminarias restantes con balastos electrónicos.

- La inversión requerida para implementar el nuevo sistema de iluminación es de \$ 6.261.195 pesos que corresponde al valor de los materiales y no a la mano de obra, debido a que se planea utilizar el conocimiento que tienen los estudiantes electricistas del grado 11, para que hagan la implementación de esta propuesta en su tiempo de pasantías.
- El consumo energético anual implementando el sistema propuesto es de 40.836 Kwh/m, mientras que el consumo actual anual del sistema es de 52.044Kh/m, lo que significa un ahorro energético de 21%.El sistema de iluminación propuesto presenta un ahorro de costo por consumo energético acumulado de % 48 en relación al sistema actual, en relación al costo acumulado por mantenimiento es de 68% y por costos operativos acumulados es de 52%, se reducen los costos operativos anuales y aumentan los beneficios económicos, lo que implica una relación de costo - beneficio positiva; el tiempo de recuperación para la inversión es de 6 meses. La implementación del sistema propuesto es viable económicamente a mediano plazo.
- A partir del diagnóstico energético realizado al sistema eléctrico del colegio santiago apóstol y tomando como ejemplo las experiencias en educación ambiental a nivel europeo en centros educativos, se formulan una serie de recomendaciones para desarrollar un plan de gestión energética, retomando el trabajo ambiental realizado en el colegio hasta el momento.



## BIBLIOGRAFÍA

Balastos electrónicos, ahorro de energía y mejor factor de potencia [en línea]. Argentina: Departamento técnico de industrias WAMCO, 2002. [consultado 13 de junio, 2006]. Disponible en Internet: <http://www.wamco.ar>

Concepto CREG 981474 de 1998 [en línea]. Santa Fe de Bogotá: Comisión de Regulación de Energía y Gas, 1998. [consultado 7 de junio, 2006]. Disponible en Internet: <http://www.creg.gov.co>

CUESTA MENA, James. Optimización del uso de la energía eléctrica en la estación de agua potable "Bellavista" de las Empresas Municipales de Cali. Santiago de Cali, 2004. 311 p. Trabajo de grado (Ingeniero electricista). Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingenierías.

Eficiencia energética en iluminación [en línea]. Asturias, España: Fundación Asturias de Energía, 2001. [consultado 12 junio 2006]. Disponible en Internet: <http://www.Faen.es>

Guía practica para el uso de energía en clientes de máxima demanda [en línea]. Costa Rica: Grupo ICE, 2001. [consultado 16 de agosto 2006]. Disponible en Internet: <http://www.grupoice.com>

Guía de auditorias energéticas en edificios [en línea]. España: Las Palmas de Gran Canaria, 2002. [Consultado 12 junio 2006]. Disponible en Internet: [Http://www.renovae.org](http://www.renovae.org)

ICONTEC. Norma 2050. Código Eléctrico Colombiano. Primera actualización. Santa Fe de Bogotá D.C: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1994.1041 p.

PERCY R, VIEGO FELIPE. Gestión Energética Empresarial. CE<sup>2</sup>MA (Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente). Perú, 2004. 79 p.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE. Santa Fe de Bogotá D.C: Ministerio de Minas y Energía, Resolución 180398. 2004. 119 p.

Uso eficiente de la energía eléctrica [en línea]. Perú: Procobre, 2001. [Consultado 25 de marzo]. Disponible en Internet: <http://www.procobreperu.org>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Sistemas de iluminación eficientes

En la actualidad los principales sistemas consumidores de energía que se encuentran identificados a nivel comercial, industrial y residencial, son los sistemas de climatización, refrigeración, fuerza motriz e iluminación, para los cuales ya se encuentran diseñadas diversas tecnologías de eficiencia energética.

La iluminación, es un punto importante en el mejoramiento de la eficiencia energética de cualquier empresa, sin embargo la selección de un sistema de iluminación es algo bien complejo, ya que influyen un conjunto de parámetros de distinta índole. En forma simplificada se puede afirmar que ellos se vinculan tanto a requerimientos funcionales; exigencias de las tareas que se realizan en el área a iluminar; las respuestas al color; exigencias estéticas y encandilamiento reducido o controlado, como a requerimientos técnicos; densidad lumínica, eficiencia (lumen/watts) sistemas de control, factor de potencia, vida útil y costo para el ciclo de vida.

Igualmente, los análisis son distintos si se trata de proyectos nuevos u optimización de los existentes, en este último caso debe evaluarse técnica y económicamente la posibilidad de conservar parte de los componentes instalados o reemplazarlos por compatibilidad técnica con los que se incorporan. Por otra parte, la selección de las opciones de iluminación depende del tipo de instalación y área de uso.

En el comercio se pueden encontrar gran variedad de tipos de lámparas con características particulares de acuerdo a su uso; a continuación se hará referencia a los tipos mas comunes y que pueden representar una alternativa de ahorro energético significativo.

**Lámparas fluorescentes compactas (LFC):** se caracterizan por tener alta eficiencia, larga vida, variedad de tamaños, potencias, formas y una razonable respuesta al color. Estas características las hacen ideales para el intercambio con luminarias incandescentes (bombillas), con la restricción de que no pueden ser utilizadas con reductores de luz (dimmer) debido a peligro de incendio.

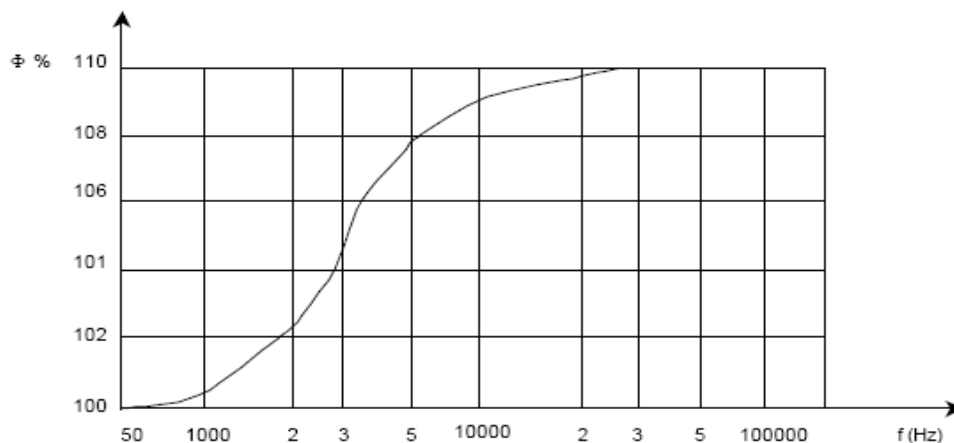
La eficiencia lumínica de una LFC es aproximadamente de 44lum/watt, mientras que la de una incandescente presenta solo 11lum/ watt. Una lámpara incandescente en condiciones normales, alcanza una vida media de 1000 horas, mientras que una LFC en las mismas condiciones alcanza una vida media de 10000 horas, sin embargo el costo de este tipo de lámparas es superior al de las ampolletas incandescentes, argumento que hay que reevaluar teniendo en cuenta que la vida útil y el rendimiento es muchísimo mayor para las LFC.

**Lámparas de sodio de alta presión:** por su alta eficiencia, tamaño y alto color de luz son ideales para el alumbrado público. La eficiencia lumínica de este tipo de lámparas en promedio es de 100lum/watt, mientras que una de mercurio es de 52lum/watt y una mixta es de 25lum/watt. La duración media de estas lámparas es de 24000 horas similar a las de mercurio.

**Lámparas fluorescentes con balastos electrónicos:** cada día es mas utilizados los balastos electrónicos en lámparas fluorescentes ya que a diferencia de los balastos magnéticos, estos permiten aumentar la cantidad de lúmenes / watt. Existen varios factores que permiten el ahorro de energía con balastos electrónicos, entre ellos el mayor rendimiento de las lámparas a alta frecuencia y menores perdidas del balasto.

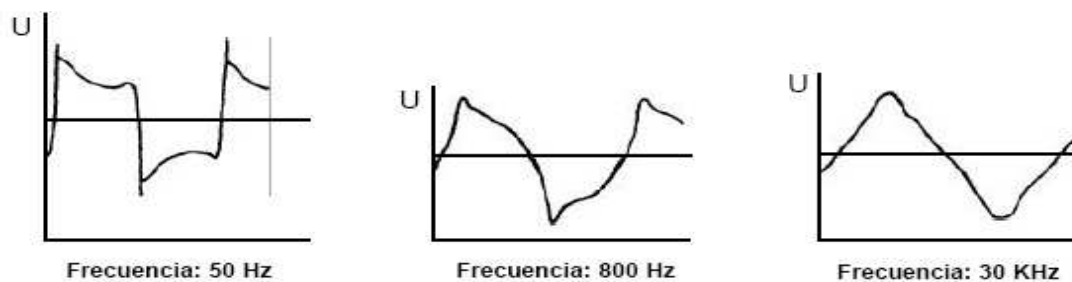
Los balastos electrónicos trabajan frecuencias superiores al limite audible, o sea por encima de los 18khz. En la siguiente grafica se observa como un aumento de de alimentación de la lámpara produce un aumento lumínico del 10%.

**Grafica 1. Flujo luminoso en función de la frecuencia de la lámpara.**



Utilizando balastos electrónicos por encima de los 20KHz, se logra un ahorro de energía, dado que es necesario entregar un 10% menos a la lámpara para obtener igual flujo luminoso que el obtenido con 50KHz con balastos magnéticos. El fenómeno de mejora de rendimiento en alta frecuencia se explica a partir del cambio de la forma de onda de tensión de arco, como puede verse en la siguiente figura.

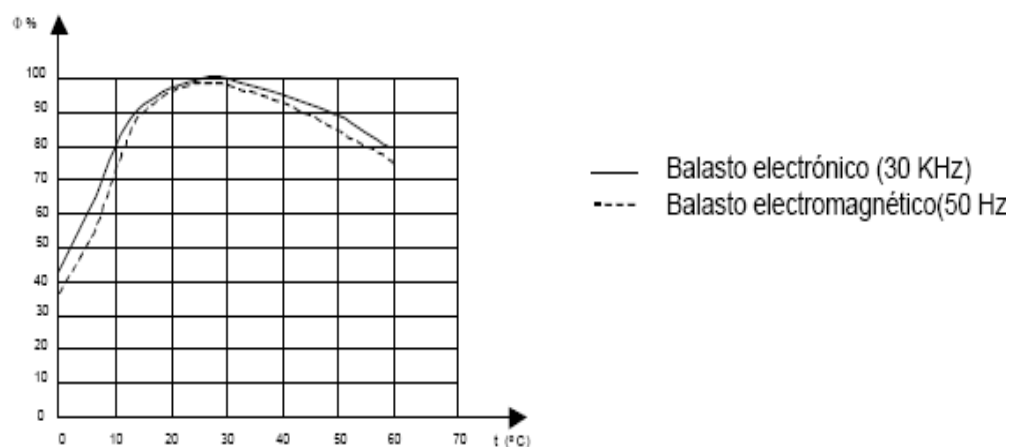
**Grafica 2. Curva de tensión de arco en función de frecuencia**



Los picos que se observan a baja frecuencia representan un consumo de energía adicional que necesita la lámpara para sostener la ionización, dado que cerca del cruce con cero algunos iones se alcanzan a recombinar, es decir comienza el apagado de la lámpara. Al variar la tensión lentamente el efecto es más notable. Al aumentar la frecuencia aumenta la velocidad del cruce por cero los iones no alcanzan a recombinarse por lo que no necesita esa energía adicional y desaparecen los picos en la forma de onda de la tensión de arco. Al trabajar los balastos electrónicos en altas frecuencias los elementos para controlar la corriente disminuyen de volumen y en consecuencia reducen las pérdidas que producen, por ejemplo los núcleos magnético usados en los balastos electrónicos son cerámicos, pequeños y de baja pérdida.

Las pérdidas de una luminaria de 2x40w son de 20w, mientras que las pérdidas de una con balasto electrónico son solo de 7w. En las luminarias que trabajan con balasto electrónico presentan menor temperatura que las que trabajan con balastos magnético, debido a que reciben menos energía para generar la misma cantidad de luz. El rendimiento en lúmenes / watt está determinado por la temperatura de trabajo, para las luminarias con balasto electrónico mantiene temperaturas de trabajo muy inferiores a las de balasto magnético.

**Grafica 3. Flujo luminoso en función de la temperatura del recinto de la lámpara**



## **Anexo 2. Concepto CREG 981474 de 1998. Comisión de regulación de energía y gas**

RESUMEN: ".. Los centros educativos pertenecen a la categoría de usuarios no residenciales. Debe tenerse en cuenta que bajo el nuevo régimen tarifario, las tarifas para los usuarios regulados se establecen con base en el Costo de Prestación del Servicio que resulta de la aplicación de la fórmula tarifaria general. Dicho Costo se aplica para todos los usuarios del respectivo mercado que atiende la empresa. Por tanto, las diferencias en el cobro a los usuarios están dadas fundamentalmente por los subsidios que se pueden otorgar a los usuarios residenciales de estratos 1, 2 y 3, y por las contribuciones que deben pagar los usuarios residenciales de estratos 5 y 6 y los industriales y los Comerciales.

En cuanto a las contribuciones aplicables a los centros educativos el Artículo 89.7 de la Ley 142 de 1.995 señala:

"Cuando comiencen a aplicarse las fórmulas tarifarias de que trata esta ley, los hospitales, clínicas, puestos y centros de salud, y los centros educativos y asistenciales sin ánimo de lucro, no seguirán pagando sobre el valor de sus consumos el factor o factores de que trata este artículo. Lo anterior se aplicará por solicitud de los interesados ante la respectiva entidad prestadora del servicio público. Sin excepción, siempre pagarán el valor del consumo facturado al costo del servicio".

Posteriormente, la Ley 286 de 1.996 en su Artículo 5o, estableció:

"Quedan excluidas del pago de contribución, las entidades establecidas en el numeral séptimo del Artículo 89 de la Ley 142 de 1.994".

Por tanto, los centros educativos sin ánimo de lucro, así como los demás usuarios señalados en el Artículo 89.7 de la Ley 142 de 1994, podrán solicitar a la Empresa, en la forma prevista en el Decreto 3087 de 1997, que los exonere del pago de la contribución. La empresa, una vez el usuario haya acreditado que está dentro de las entidades exoneradas de acuerdo con lo previsto en el mencionado artículo 89.7 de la Ley 142, deberá proceder a efectuar los respectivos ajustes de acuerdo con lo previsto en la resolución 079 de 1997, artículo 8, para "Usuarios No residenciales No sujetos a contribución". (Ofic. MMECREG-1474 del 10/08/98)